Kugel- und Rollenlager.

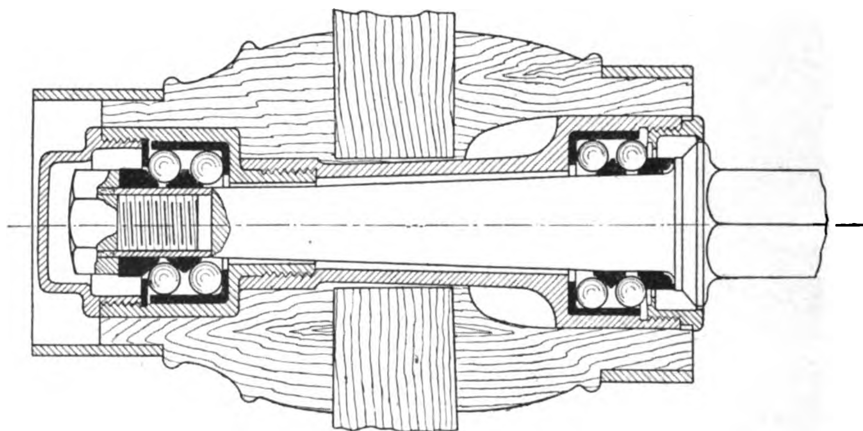
Theorie, Berechnung

und praktische Beispiele derselben.

Von

Max R. Zechlin,

Civil-Ingenieur in Charlottenburg.



Mit 186 in den Text gedruckten Abbildungen.

Berlin, 1900.

Polytechnische Buchhandlung

A. SEYDEL

No. 9 Mohrenstr. No. 9.

Inhalts-Uebersicht.

1. Theoretische Einleitung.

Nachdem vor nicht allzulanger Zeit die Rollen- und Kugellager von berufenen Fachleuten als in der allgemeinen Praxis nicht verwendbar bezeichnet wurden und auch heut noch viele Gegner aufzuweisen haben, ist es ihnen doch gelungen, sich ihren Platz in der Technik zu erobern und in die verschiedensten Gebiete derselben einzudringen. In welchem Maasse dies bis heut geschehen ist, soll aus der nachstehenden Abhandlung ersichtlich sein. Der Umfang der Verwendbarkeit dieser Lager kann als ein Maassstab für ihre Bedeutung betrachtet werden.

Vor der Aufführung einzelner durch die Praxis und für die Praxis geschaffenen Muster und zur besseren Beurteilung derselben sei der über diese Lager verfassten Theorieen Erwähnung gethan. Auch sei an ihren Hauptzweck erinnert, der darin besteht, dass gegenüber den sonst üblichen Spindellagern die Kugel- und Rollenlager vor allem die Reibung zwischen Achsschenkel und Achsbüchse vermindern sollen.

Prof. Bach-Stuttgart schreibt in der 7. Auflage seiner „Maschinen-Elemente" über diesen Gegenstand Folgendes:

Rollenlager.

„Ein Rollenlager entsteht dann, wenn der eine von zwei gegen einander sich pressenden Körpern durch dazwischen gelegte Rollen, in Form von Cylindern, Kugeln oder auch Kegeln, gestützt wird, derart, dass die Rollen bei Verschiebung des einen Körpers gegen den andern eine wälzende (rollende) Bewegung (beiden Körpern gegenüber) vollführen. Stark belastete Rollenlager finden sich namentlich bei Brückenträgern; Fig. 1 zeigt ein solches (Berliner Stadtbahn, Bellevue). Häufig werden mehrere Rollen oder Walzen zur Übertragung verwendet. Bezeichnet

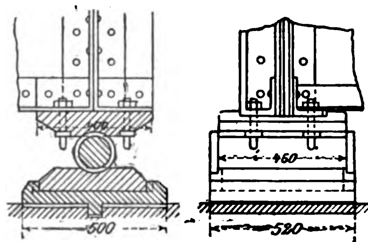


Fig. 1.

P die zu übertragende Kraft in kg.
i die Anzahl der an der Übertragung beteiligten Rollen,
d deren Durchmesser, bei Kegelform deren mittlerer Durchmesser in cm,
l deren tragende Länge in cm,
k einen Koeffizienten,

so kann für cylindrische oder kegelförmige Rollen gesetzt werden

$$P = k\,d\,i\,l \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 414\ 1)$$

l) (Die Begründung dieser Gleichung unter Darlegung eines bei derartigen Berechnungen üblichen Fehlers hat Verfasser in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1898, S. 476 u. f. gegeben. Dem Koeffizienten kommt die Berechnung

$$k = \frac{2}{3} \sqrt{2ak_1^3} \dots\dots\dots\dots\dots 415$$

zu, worin

a den Dehnungskoeffizienten des Rollenmaterials,

k_1 die höchstens für zulässig erachtete Druckspannung

bezeichnet. Bei Wahl von a ist zu berücksichtigen, dass die mit der Zusammendrückung in Richtung der Belastung verknüpfte Querdehnung eine teilweise gehinderte ist; infolgedessen a entsprechend kleiner und k_1 entsprechend grösser in die Berechnung eingeführt werden darf (vergl. des Verfassers „Elasticität und Festigkeit", § 14). Die Breite a der Berührungsfläche zwischen Rolle und Unterlage beträgt nach der Entwickelung am angegebenen Orte

$$a = d \sqrt[3]{3a \frac{P}{idl}} = d \sqrt[3]{3\ a\ k} \dots\dots\dots\dots 416$$

In der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1894, S. 199 hat der Verfasser ein anschauliches photographisches Bild über die Formänderung der Rollen und Platten von Rollenlagern gegeben.

Hierbei dürfen für k die folgenden Werte gewählt werden:

a) k bis 25 bei Rollen aus Gusseisen auf ebenen Platten von Gusseisen, Material von genügender Härte und solche Ausführung angenommen, dass die Wirklichkeit von der gemachten Voraussetzung gleichmässiger Verteilung der Last P über die i-Rollen von der Länge l nicht zu sehr abweicht. Bei grosser Rollenlänge wird es sich empfehlen, k geringer in die Rechnung einzuführen, da die Erfüllung der bezeichneten Voraussetzung unter sonst gleichen Verhältnissen um so schwieriger wird, je grösser l ist. Auch die gleiche Teilnahme sämtlicher Rollen an der Übertragung wird oft, auch angenähert, nicht stattfinden.

b) k bis 60 bei Rollen aus Stahl auf ebenen Platten von Stahl (Stahlguss), Material von genügender Härte u. s. w., unter Beachtung der soeben gemachten Bemerkungen.

Erfolgt die Stützung durch Kugeln, so gilt

$$P = k\ i\ d^2 \dots\dots\dots\dots\dots 417.$$

c) k bis 2,5 bei Kugeln aus Gusseisen zwischen zwei ebenen Flächen aus demselben Material, im übrigen unter den oben unter a bezeichneten Verhältnissen, bezw. unter Beachtung derselben bei Wahl von k.

d) k bis 6 bei Kugeln aus Stahl auf ebenen Stahlplatten; Bedingung und Rücksichten wie oben unter a vermerkt.

e) k bis 125 bei Kugeln aus Gusseisen in gusseisernen Rinnen von Kreisbogenform (Krümmungshalbmesser r etwa gleich $\frac{9}{16}$ d), Fig. 2, nachdem ein

Glätten und Zusammendrücken (Komprimieren) der Bahnflächen durch Rollen der Kugeln in den Rinnen bei Steigerung der Belastung bis zur Höchstlast stattgefunden hat; vergl. auch das unter a gesagte.

f) k bis 300 bei Kugeln aus Stahl in Stahlrinnen u. s. w. wie unter e bemerkt.

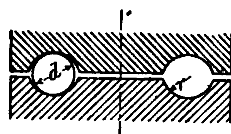


Fig. 2.

Bei Überschreitung der angegebenen Werte wird die Wahrscheinlichkeit, dass bleibende Formveränderungen von Erheblichkeit stattfinden, insbesondere, dass die Rollen, bezw. Kugeln ihre Kreisform verlieren, immer grösser.

H. Meyer & Co. in Düsseldorf liefern gehärtete Stahlkugeln für Kugellager und machen hierüber u. a. folgende Angaben. (In neuester Zeit ist Heinrich Meyer in Düsseldorf ein Kugeltraglager mit in geschlossener Bahn sich bewegenden Kugeln patentiert worden. D. R. P. No. 85346 vom 17. Aug. 1895):

„Güte A": aus komprimiertem Sonder-Werkzeugstahl, auf eigenen Maschinen gefräst, glashart gehärtet, sodann geschliffen und poliert, für Kugellager in Krahnen, Bohr- und Fräsmaschinen, Dreschmaschinen u. s. w.

Durchmesser in engl. Zoll	$^1/_8$	$^3/_{16}$	$^1/_4$	$^5/_{16}$	$^3/_8$	$^7/_{16}$	$^1/_2$	$^5/_8$	$^3/_4$	$^7/_8$	1
Zulässige Belastung bei 8facher Sicherheit . kg	70	160	290	450	650	850	1150	1800	2600	3500	4600
Bruchbelastung . . . . . kg	584	1315	2330	3650	5260	6800	9340	14600	21000	28600	37400

Bei grösseren Kugeln — damit sind solche über 1 Zoll engl. gemeint — sei man nie sicher, dass nicht durch das Härten Spannungen entstanden sind, welche die Tragfähigkeit wesentlich beeinflussen können, weshalb die Firma unterlässt, Zahlen für diese zu nennen.

Als sehr wichtig wird bezeichnet, dass die Oberflächen der Kugeln wie der Lager auch unter einem Vergrösserungsglase sich vollständig frei von kleinen Flecken und Löchern zeigen. Ebenso wie die Kugeln sollten auch die Lager aus allerhärtestem Material hergestellt werden, und auf eine Tiefe gleich dem Kugelhalbmesser gehärtet werden.

Bis $^3/_4$ Zoll engl. wird eine Genauigkeit des Durchmessers auf 0,01 m/m gewährleistet; bei stärkeren Kugeln erfolgt die Gewährleistung nur gegen eine Erhöhung des Preises um 25 %.

Der von der Firma angegebenen „zulässigen Belastung" würde in Gl. 417 entsprechen k = rund 700 kg, sofern d in cm eingeführt wird. Ob hierbei von der Firma alle Kugeln tragend angenommen werden, muss dahingestellt bleiben. (Vergl. in dieser Hinsicht den Schlusssatz des oben unter a Bemerkten und beachte überdies das folgende.)

Die in einer Rinne laufenden Kugeln reiben sich, wenn sie nicht geführt werden, gegeneinander, wodurch die Bewegungswiderstände eine nicht unbedeutende Erhöhung erfahren. Dies lässt sich vermeiden, wenn abwechselnd eine etwas, jedoch nur wenig kleinere Kugel eingelegt wird, welche dann nicht die Aufgabe hat, zu tragen, sondern der nur obliegt, den Abstand der tragenden Kugeln zu erhalten. Treffen zwei tragende Kugeln in dem Bestreben, sich einander zu nähern, gegen die sie trennende, nicht belastete Kugel, so ist der

durch Reibung der Kugeln gegen einander entstehende Bewegungswiderstand erheblich geringer, weil die mittlere (unbelastete) Kugel eine weit grössere Beweglichkeit besitzt, als wenn sie senkrecht belastet wäre.

Um die Reibung der Kugeln an den Rinnenwandungen zu verhindern, ist vorgeschlagen worden, die Berührung nur etwa $^1/_6\ \pi$ d sich erstrecken zu lassen, wie Fig. 3 zeigt.

Weiter ist bei drehender Bewegung (Laufen der Kugeln in Kreisbahnen, d. h. in Rinnen mit kreisförmiger Mittellinie) mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Abstände der Berührungspunkte von der Drehachse zum Zweck der Beseitigung der gleitenden Reibung empfohlen worden, die Kugeln in Rinnen mit kegelförmigem Profil laufen zu lassen, wie aus Fig. 4 erhellt. Es muss dann sein, wenn C in der Drehachse liegt,

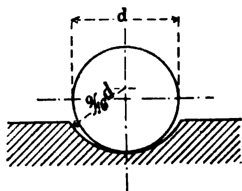


Fig. 3.

$$\overline{AA} : \overline{BB} = \overline{CA} : \overline{CB}.$$

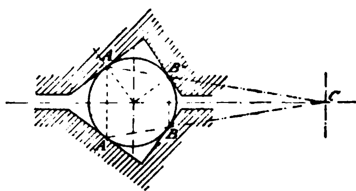


Fig. 4.

Dass solche Rinnen, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen, ausserordentlich sorgfältig hergestellt sein müssen, bedarf keiner Erörterung.

Der Vorschlag, die Rinnenform nach Fig. 5 mit Berührung der Kugel in zwei Bogenstücken zu wählen, für welch' letztere das gleiche gilt, wie im Falle der Fig. 4 für die Punkte A und B, dürfte vorzuziehen sein.

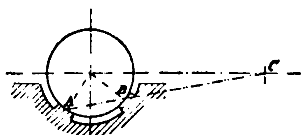


Fig. 5.

(Vergl. W. H. Booth, Quarterly Review of Machine Tools and Workshop Practice, London. January 1895.

Siehe auch das Spurlager der Akt.-Ges. der Holler'schen Karlshütte in Rendsburg (D. R. P. No. 83117, vom 7. Jan. 1894) mit zwei sich berührenden Rollkugeln, welche zwischen der Stirnfläche des umlaufenden Körpers und der Spurpfannenfläche gelagert sind. Diese Laufflächen convergieren nach aussen so gegeneinander, dass die Kugeln jede der Flächen nur in einem Punkte berühren — rein geometrisch genommen — und dass sie gegen das Hinausschleudern aus dem Lager gesichert sind.)*)

Bei Rollen lässt sich der hier zur Erörterung stehende Zweck, die gleitende Reibung nach Möglichkeit zu beseitigen, dadurch erreichen, dass man ihnen Kegelform giebt, deren Spitze in die Drehachse fällt.“ Soweit Bach.

Mit welcher Genauigkeit die Kugeln hergestellt werden, geht daraus hervor, dass obengenannte Firma (H. Meyer) bis $^3/_4$“ Kugeln auf 0,0005 Zoll oder 0,01 mm, bei stärkeren Kugeln auf 0,001 Zoll oder 0,025 mm (bezw. auf ebenfalls 0,0005 Zoll oder 0,01 mm bei 25 % Preisaufschlag) genaues Maass Garantie leistet.

Eine zweite Qualität wird aus Tiegelgussstahl hergestellt, auf Spezial-

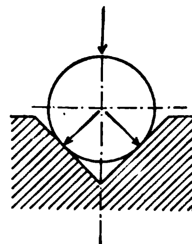
*) Siehe Fig. 107 weiter unten.

maschinen genau auf Mass gearbeitet, glashart gehärtet und geschliffen, und findet Anwendung bei Kugellagern für Fahrräder, Dreschmaschinen u. s. w.

Eine dritte Qualität wird je nach dem Zweck aus weicherem Material gefräst, auf Mass geschliffen und gehärtet, und dient sowohl zu Kugellagern für landwirtschaftliche Maschinen als auch für Kugelventile u. dergl.

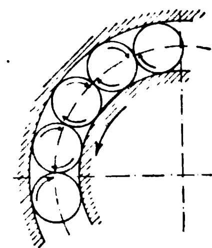
Grössere Kugeln endlich, von 40 bis etwa 120 mm Durchmesser, werden in Gesenken geschmiedet, abgeschliffen und entsprechend dem Verwendungszweck gehärtet.

Bezüglich der Form der Lagerteile gilt zunächst der Grundsatz: je grösser die Berührungsfläche zwischen Kugel und Lager, um so grösser kann man k und damit auch die Beanspruchung P annehmen, da ja die Belastung proportional dem Druck pro Flächeneinheit ist. Aus praktischen Gründen darf man hier über eine gewisse Grenze nicht hinausgehen und etwa der Lagerrinne ein halbkreisförmiges Profil mit dem gleichen Radius der Kugeln geben. Da der Druck auf die Kugeln nicht immer in genau derselben Richtung wirkt, sondern bei den meisten Anwendungen von Kugellagern stetig in der Richtung wechselt, so muss der Kugel eine gewisse Beweglichkeit in halbkreisförmigen Lagern gesichert sein, damit unnötige Reibungsverluste vermieden werden. Nach Bach soll die Berührung zwischen Kugel und Rinnenlager etwa $= \frac{1}{6} \pi$ d betragen und hiernach die Rinne profiliert sein. (Fig. 3.)

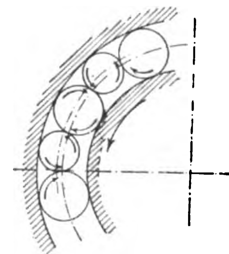

Fig. 6.

Statt der Rinnenlager werden häufig zweckmässig solche mit Dreiecks-Profilierung angewendet, und zwar entweder dann, wenn der nach zwei verschiedenen Richtungen hin wechselnde Druck direkt auf das Lager übertragen werden soll, oder auch zur besseren Verteilung des Druckes, also zur Erzielung einer doppelten Auflagerfläche (vergl. nebenstehende Figur 6).

Der Neigungswinkel der Seiten dieses Dreiecks richtet sich nach den jeweiligen Beanspruchungen. Sind z. B. die wechselnden Druckrichtungen, wie dies bei Strassenfahrzeugen meist der Fall ist, senkrecht zu einander gerichtet, so profiliert man das Lager nach einem rechtwinkligen Dreieck (vergl. Fig. 6 und die nachstehenden Ausführungsformen), dessen Seiten zu den auftretenden Druckkräften senkrecht stehen.


Fig. 7.

Bei der bei Fahrzeugen häufig wiederkehrenden Kugellager-Konstruktion nach Fig. 6 (Rinne mit Dreiecks-Profilierung) liegt die Kugel zwar an zwei Stellen gleichzeitig auf. Jedoch ist bei der Berechnung mit Rücksicht auf die vorhandenen Schwankungen und Stösse, denen das Fahrzeug ausgesetzt ist, zu beachten, dass der Druck häufig nur durch einen dieser Auflagerpunkte geht, und ist demnach k entsprechend klein zu wählen.


Fig. 8.

Meist werden die Kugeln einer Lagerreihe von gleicher Grösse gewählt. Es tritt dann, wie aus Fig. 7 hervorgeht, eine Reibung der Kugeln unter einander auf, da sie an den

Berührungspunkten eine entgegengesetzte Drehrichtung haben. Dass die Reibung der Kugeln unter einander dem Zweck der Kugellager direkt entgegensteht, ist selbstverständlich. In der Praxis hilft man sich leicht dadurch, dass man die Anzahl der Kugeln einer Reihe etwa um eins kleiner wählt, als im Lager gerade Platz haben, und es den Kugeln selbst überlässt, sich so unter einander aufzurollen, dass zwischen je zwei Kugeln etwas Spielraum bleibt. Nach den vorliegenden praktischen Versuchen scheint dieses Mittel auch den Zweck zu erfüllen. Wenn auch die Reibung der Kugeln hierbei nicht ganz aufgehoben wird, so wird sie jedenfalls stark vermindert, besonders dann, wenn die Kugeln von einer Öl-schicht überzogen sind. Andererseits hilft man sich auch durch Einschalten von kleineren Kugeln zwischen die eigentlichen Arbeitskugeln (Fig. 8). Da die kleinen Kugeln vom Druck der Lagerteile befreit sind, so können sie die entgegengesetzte Drehrichtung annehmen und den Druck zwischen den grossen Kugeln vermitteln. Diese Anordnung hat aber den Nachteil, dass bei gleichen Verhältnissen die Arbeitskugeln etwa den doppelten Druck auszuhalten haben, oder dass man das Lager entsprechend grösser dimensionieren muss.

Die in den Formeln auftretende Anzahl i der Kugeln bezw. Rollen giebt natürlich nur die für die Belastung in Frage kommende Zahl, und nicht etwa die Gesamtzahl einer oder mehrerer Kugelreihen an, da nur ein Teil dieser Kugeln oder Rollen die Belastung überträgt. Man trifft annähernd das Richtige, wenn man i nicht grösser als $^1/_4$ der Anzahl einer Kugel- oder Rollenreihe annimmt.*)

Es erübrigt noch die Beantwortung der Frage:

Ist es besser, für eine gegebene Belastung eine grosse Anzahl Kugeln bezw. Rollen von kleinem Durchmesser zu wählen, oder aber i klein zu halten und dafür den Durchmesser d der Kugeln oder Rollen entsprechend zu vergrössern?

Aus der Formel für Kugellager ist ersichtlich, dass die Beanspruchung P im einfachen Verhältnis zu i, aber im quadratischen Verhältnis zu d wächst. Demnach ist es theoretisch vorteilhafter, grössere Kugeln bei verhältnismässig kleiner Anzahl derselben zu wählen. Die Grenze der anzunehmenden Kugelgrösse ist sowohl durch den durch praktische Rücksichten gegebenen Krümmungsradius der Lagerschalen als auch durch die Möglichkeit vorgeschrieben, Kugeln nur bis zu einer bestimmten Grösse von gleichmässigem Durchmesser und ohne nachteilige Spannungen herstellen zu können. Die übrigen in Frage kommenden praktischen Gesichtspunkte bei der Konstruktion der Lager (Montage, Einstellbarkeit u. s. w.) sprechen in den meisten Fällen gleichfalls für die Wahl grösserer Kugeln. Ein praktisch brauchbares Verhältnis zwischen Kugel- und Lagerdurchmesser ergiebt sich bei der Verwendung von 12—16 Kugeln in einem Ringe.

Bei Rollenlagern stehen sowohl i als auch d im einfachen Verhältnis zu P, so dass hier für die Wahl dieser Grössen nur rein praktische Gründe massgebend sind.

Einen Beitrag zur Theorie der Rollenlager liefert Reuleaux im „Konstrukteur,"

*) Prof. Stribeck setzt die pro Kugel entfallende Last $p = \frac{P}{i/5}$, nimmt also nur $^1/_5$ der Kugeln als tragend an.

IV. Auflage, woselbst er unter anderem die Berechnung der Rollenlager für Brückenträger wie folgt angiebt, während er die Kugellager nur streift:

„Stark belastete Rollenlager sind diejenigen der Brückenträger. Bei denselben werden sowohl ganz runde Walzen wie in Fig. 9 als auch seitlich abgeplattete, wie in Fig. 10 angewandt. Die letzteren führen den sehr ungeeigneten Namen Pendel. Die Frage nach der statthaften Einheitspressung auf den Rollenumfang ist von Interesse. Sie erweist sich als ungemein verwickelt, kann aber für die einfachen Fälle, wo die Rollen massiv sind, wie folgt annähernd beantwortet werden. Werden viele gleiche, parallele Walzen vom Halbmesser r und der Länge l mit dem Druck P zusammengepresst, so platten sie sich gegenseitig ab auf eine Fläche von der Breite b, entsprechend einem Zentriwinkel $\beta = 2\ \varphi$ und es entsteht die Kräftebeziehung $P = 2 \int lr\,.\,d\varphi \cos\varphi\ S'$, worin S' beim Elastizitätsmodel E zu setzen ist $= 2\,(E : 2r)\ r\,(1 - \cos\varphi)$. Damit kommt $P = 2\ Elr\,(\sin\varphi - {}^1/_2\,\varphi - {}^1/_4 \sin 2\,\varphi)$, worin φ immer sehr klein, so dass Näherungswerte eingeführt werden können. Mit diesen erhält man $P = 2\ Elr\ {}^1/_6\,\varphi^3$ und die Maximalspannung $S = {}^1/_8\ E\,\beta^2$. Wird nunmehr die statthafte Annahme gemacht, dass bei Ersetzung eines der Cylinder durch eine gerade Platte aus demselben Material die Spannung im Flächenelement $lr\,.\,d\varphi$ halb so gross werde wie vorhin, so erhält man statt der soeben gefundenen Werte:

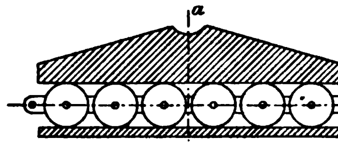


Fig. 9.

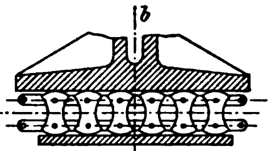


Fig. 10.

$$P = Elr\,\frac{\beta^3}{48} \text{ und } S = \frac{E}{16}\,\beta^2,$$

daraus:

$$S = 0{,}83\ \sqrt[3]{E}\ \sqrt[3]{\left(\frac{P}{lr}\right)^2} \text{ oder } \frac{P}{lr} = \frac{4}{3}\sqrt{\frac{S^3}{E}}$$

Man sieht, dass bei gegebenem Material das Verhältnis P : lr massgebend und so einzuschränken ist, dass es innerhalb zulässiger Grenzen bleibt. Wenn man wählt:

bei	Gss : Gss	Schm : Schm	Gsst : Gsst (gehärtet)
wo E =	10 000	20 000	30 000
$\frac{P}{lr}$ =	0,30 bis 0,36	0,24 bis 0,29	0,77 bis 0,99
so kommt S $\sim$	8 bis 9	8 bis 9,5	18 bis 23 “. Soweit Reuleaux.

Es sind in neuer Zeit wiederholt Versuche über die Festigkeit und zulässige Belastungs-Grenze für Kugeln und deren Lagerteile angestellt worden. Ich erwähne hier nur diejenigen von Prof. Stribeck in Babelsberg, von der Königl. mechanischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg und von J. F. W. Harris in Terre-Haute in Jnd. Es wurden hier sowohl die Kugeln zwischen je zwei Druckplatten, als auch zwischen je zwei anderen Druckkugeln der Belastung ausgesetzt. Der letztere Fall ist dann angewandt worden, wenn es darauf ankam, dass die Berührung zwischen Kugel und Belastungsfläche möglichst nur in einem Punkte

stattfand. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigten, dass die auf S. 3 erwähnten Belastungsangaben von Meyer in Düsseldorf zu hoch angenommen sind. So wurde z. B. bei der Belastung von $^5/_8$" besten gehärteten Gussstahlkugeln zwischen zwei Berührungskugeln ein Sprung in der Kugel bereits bei 1500—1600 kg und ein Bruch bei durchschnittlich 5000 kg nachgewiesen.

Dass sich bei diesen Versuchen als Profile der Lagertheile die hohlcylindrischen Ringe am günstigsten bewährten, entspricht den bereits im Vorhergehenden erörteten Argumenten, da ein hohlcylindrischer Körper der Kugel eine grössere Berührungsfläche bietet als beispielsweise ein flacher Konus. Letzterer, sowie alle gradlinig profilierten Lagerteile haben dagegen den nicht zu unterschätzenden Vorteil, dass sie sich von selbst bei Belastung den Kugelumlaufkreisen anpassen und stets in richtiger Berührung mit der Kugel sind, selbst dann wenn ein Nachstellen (Justieren) des Kugellagers erforderlich wird. Die hohlcylindrischen Ringe müssen besonders für den Fall, dass sie seitliche und vertikale Belastung gleichzeitig aufnehmen sollen, sehr genau hergestellt und in das Lager eingepasst werden, sonst entstehen ungleiche Beanspruchungen. Bessere Werkstätten haben für hohlcylindrische Lagerteile besondere Fräser hergestellt, welche mit grösstmöglicher Genauigkeit den für jede Kugelgrösse vorgeschriebenen Radius der konkaven Berührungsfläche herstellen, eine Genauigkeit, welche durch Drehen nach einer Schablone nur schwer zu erreichen ist.

Stribeck giebt als Sicherheitskoefficienten k (vergl. S. 1) an:

a) für Kugeln in kreisförmigen Rinnen: $k = 10$

b) für Kugeln auf ebenen Flächen: $k = 3—5$. Dies ergiebt für die $^5/_8$" Kugel eine zulässige Belastung von a) $p = 2500$ kg
b) $p = 750—1250$ kg.

Praktische Versuche zur vergleichsweisen Bestimmung der Reibungsverhältnisse von Kugellagern und gewöhnlichen Zapfenlagern sind neuerdings von der Firma „Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken, Abteilung Kugelfabrik“ Berlin, ausgeführt worden. Der hierzu verwendete Messapparat gelangte auf der vorjährigen Motorwagen-Ausstellung in Berlin zur Vorführung. Die Art der Messversuche und die Resultate gehen aus der nachstehend wiedergegebenen von obiger Firma selbst herausgegebenen Beschreibung hervor:

„Zahlreiche und eingehende Versuche über Grösse der Kugeln, Art der Laufflächen und dergl. unter Leitung von Herrn Professor Stribeck an der Centralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen in Neubabelsberg, bei welcher Stelle auch die aus unserer Fabrikation hervorgehenden Kugeln ständig untersucht werden, haben zur Construction von Lagern geführt, welche den seitherigen Gleitlagern gegenüber erhebliche Vortheile bieten, ohne in der Wartung oder Unterhaltung höhere Ansprüche zu stellen. Um diese Vortheile direkt vorführen können, wurde der ausgestellte Messapparat construirt. Dieser besteht der Hauptsache nach aus einer horizontalen Achse, die, in 2 Kugellagern unterstützt, ihre Rotation von 150 Touren pro Minute durch Riemen und Vorgelege von einem Electromotor empfängt.

Auf der rechten Seite der Achse ist ein Gleitlager bester Bauart und Ausführung mit gehärtetem und geschliffenem Achsschenkel und geschliffener Stahlgussbuchse, auf der linken Seite mit nicht gehärtetem Achsschenkel unser

Kugellager aufgepasst. Beide Lager sind mit einer Belastung aus Bleigewichten von je 500 kg. beschwert, welche genau ausbalancirt sind. An jeder Nabe befindet sich ein Zeiger mit Scala.

Die Teilung dieser Scala ist in der Weise berechnet, dass bei der Belastung von 500 kg ein Teilstrich dem Reibungscoefficienten von 0,001 entspricht, bezogen auf den Achsschenkel des Gleitlagers.

Es ist klar, dass je stärker die Reibung des Lagers ist, um so mehr die Nabe bei der Drehung mitgenommen wird, und infolgedessen der Zeiger einen um so grösseren Ausschlag auf der Scala angeben wird.

An dem Apparat lässt sich nun direkt ablesen, dass im Beharrungszustande die Reibung des Gleitlagers ca. 5 mal soviel als die des Kugellagers beträgt. (Gleitlager $\mu = 0{,}013$, Kugellager $\mu = 0{,}0025$.)

Noch auffallender gestaltet sich dieses Verhältnis beim Anlaufen und zeigt der Versuch hier, dass die Reibung der Ruhe und infolgedessen auch die zur Überwindung derselben nötige Kraft bei gewöhnlichem Lager ganz erheblich grösser ist, als bei unserm Kugellager.

Für Strassenfahrzeuge wird das Lager bis zu den höchsten Belastungen sowohl mit Metallnabe als auch in Buchse zum Einschlagen in Holznaben ausgeführt.

In ähnlicher Weise, wie für Fahrzeuge, sollen die Kugellager auch für Vorgelege und Transmissionswellen Anwendung finden."

Weitere Versuche dieser Firma werden von derselben demnächst veröffentlicht werden. Dieselben sind für die Verwendbarkeit der Kugellager in der Praxis von grösstem Wert, da die Auswahl des Materials der Lagerteile, die Härtung und die praktisch geeigneteste Form derselben entscheidend für die Lebensfrage dieser Konstruktion sind, bis heut aber noch nicht zu einem abschliessenden Urteil geführt haben.

2. Einreihige Kugellager.

Zur Bezeichnung „einreihige“ Kugellager im Gegensatz zu „mehrreihigen“ sei Folgendes bemerkt. Lagert man eine Welle, so erhält man mindestens zwei Auflagerpunkte, also auch zwei Lager mit mindestens je einer Kugelreihe. Dies sind dann „einreihige“ Kugellager, denn für jeden Zapfen kommt eine Reihe Kugeln zur Verwendung, z. B. die nachstehend beschriebenen Äoluslager. Nehmen wir nun die Tretkurbelwelle oder die Radachse eines Fahrrades, so sind hier die Kugellager der beiden Auflagerpunkte zu einem einzigen Lagerkörper vereinigt, und wir sprechen nur von einem Lager, obwohl es eigentlich ein Doppellager ist. Dasselbe gilt von dem festen Achsschenkel eines anderen Fahrzeuges. Derselbe bildet strenggenommen eine Welle, welche feststeht, während der hohle Lagerkörper um ihn rotiert. Auch hier ist letzterer aus zwei eigentlichen Lagern zusammengesetzt, da mindestens zwei Auflagepunkte zu unterstützen sind.

Aus dem Gesagten ergiebt sich die Berechtigung der Bezeichnung „einreihige“ Kugellager auch dann, wenn es sich um die eben erwähnten Doppellager handelt, welche dann natürlich im Ganzen zwei Kugelreihen aufweisen müssen.

Unter „mehrreihigen“ Kugellagern werden daher in der Folge nur solche zu verstehen sein, bei denen ein einfaches Lager, bezw. die Unterstützung je eines Auflagepunktes, statt einer mehrere Kugelreihen aufweist.

a) Einreihige Kugellager für Fahrräder.

Die Fahrrad-Industrie hat ohne Zweifel in stärkstem Masse auf die konstruktive Ausbildung der Kugellager eingewirkt, und die Anregung geschaffen auch bei andren Fahrzeugen dieselben in Anwendung zu bringen.

Über die Entwicklung der Lagerkonstruktionen an Fahrrädern, welche zum Kugellager führten, vergleiche man „Radmarkt“ No. 380 ff., Verlag von E. Gundlach-Bielefeld.

Zur kritischen Beleuchtung der verschiedenen Typen seien vorerst die Konstruktionsbedingungen für die Kugellager an Fahrrädern, wie folgt, zusammengestellt.

1. Stabilität, 2. leichter Lauf, 3. geringe Abnutzung, 4. einfache Montage, 5. leichte Nachstellbarkeit, 6. bequeme Oelzuführung.

1. Der Stabilität wird genügt durch Berücksichtigung der allgemein geltenden mechanischen Grundsätze und Konstruktionsregeln.

Die Lagerkörper sind Hohlkörper und können daher bei geringem Gewicht sehr stabil sein. Die auf Biegung beanspruchte Achse kann dadurch entlastet werden, dass man die Kugelreihen möglichst nahe an die festen Auflager heran, also möglichst nach aussen verlegt. Torsionsbeanspruchung tritt beim Tretkurbellager in der Achse und beim Hinterradlager in der Lagerhülse auf, und sind beide Theile entsprechend zu dimensioniren.

2. Der leichte Lauf hängt in erster Linie ab von der sauberen Ausführung der Kugeln, der richtigen Formgebung der Lagerschalen und der Härte beider Theile (vergl. die Ausführungen in der Einleitung), sodann aber von einer Reihe noch zu erwähnender Faktoren. Beim Tretkurbellager z. B. setzt sich der Pedaldruck P um in einen Kettenzug Z und einen Kugeldruck R, welche durch die Momentengleichung $P . c = Z . b = R . a$ bestimmt sind. (Fig. 11.)

Fig. 11.

Es ist also $R > Z > P$. Da P gegeben ist, kann der Kugeldruck R nur dadurch herabgezogen werden, dass man a möglichst gross macht.

Bis vor einigen Jahren wurde dieser Gesichtspunkt von fast allen Farradfabrikanten unbeachtet gelassen, und ist man erst neuerdings bemüht, die Kugellager so weit als möglich nach aussen zu rücken. So zeigt eine Reihe Tretkurbellager neuester Ausführung das Kettenrad direkt über der Kugelreihe liegend, sodass $a = b$ wird, wobei ausserdem Kettenrad und Kurbel möglichst nahe aneinander gerückt sind.

Bei der Formgebung ist noch zu beachten, dass bei doppelseitig (dreieckig) profilierten Lagerschalen, wie in Fig. 12 u. 13, die Neigungswinkel der Konusse R—R so zu wählen sind, dass die Senkrechte AB dazu den von den beiden

Dreiecksseiten eingeschlossenen Winkel DBF halbiert, damit die Berührungskreise CD = EF werden, weil bei ungleich grossen Berührungskreisen der eine richtig abrollt, während der andere schleift und somit hemmend wirkt. Die Kugeln müssen in Öl laufen bezw. mit einer Ölschicht überzogen sein, und eignet sich für diesen Zweck ein dünnflüssiges harz- und säurefreies Schmieröl. Doch sorge man dafür, dass das in die Schmieröffnung eingeführte Öl auch thatsächlich bis zu den Kugeln gelangt und nicht ebenso schnell wieder aus dem Lager herausfliesst, wie es eingeführt wird, wie dies bei früheren Kugellagerkonstruktionen der Fahrräder leider nur allzu häufig vorkam.

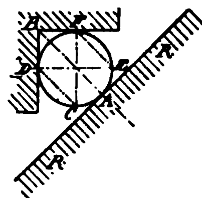


Fig. 12.

Die beste Schmierung wird illusorisch, wenn Staub von der Strasse in die Lager gelangt. Letzterer verdickt das Öl, erhöht die Reibung und vermehrt die Abnutzung. Kleine Mengen Staub können durch häufiges Reinigen der Lager bezw. Ausspühlen mit Petroleum entfernt werden. Besser jedoch ist es, dem Staube den Eintritt überhaupt zu verwehren. Zu diesem Zwecke sind, wie an den nachfolgenden Figuren ersichtlich, Filzringe angewandt, sowie übergreifende Hülsen. Filzringe müssen zuweilen erneuert werden, da sie sich leicht abschleifen oder zusammendrücken, also nicht mehr dicht abschliessen. Oft fällt den Filzringen auch noch die Aufgabe zu, den Austritt des Öls aus dem Lager zu verhüten. Hierzu muss der Filzring natürlich möglichst eng an dem rotierenden Teil anliegen, wodurch die Reibung vermehrt wird. Weiter unten wird hierauf nochmals zurückgekommen werden.

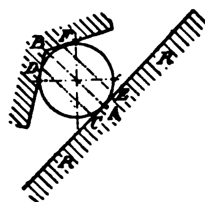


Fig. 13.

Für den leichten Lauf der Kugeln ist es auch von Wichtigkeit, dass das Lager s ä m t l i c h e n auftretenden Kräften Unterstützungspunkte darbietet. Es wäre daher für Fahrzeuglager falsch, nur die senkrecht wirkenden Belastungskräfte zu berücksichtigen, denn die überall vorhandenen Unebenheiten der Strassen, das Fahren in Kurven, sowie das plötzliche Anhalten erzeugen eine Reihe von Nebenkräften, welche nach allen Richtungen hin wirken. Diese letzteren aufzunehmen, muss das Lager besonders profiliert sein. Ist die Lagerschale einseitig profiliert, z. B. nach einer Graden oder einem Kreisbogen (siehe Fig. 14 u. 15), so tritt bei einer vom Auflagerdruck abweichenden Beanspruchung die eine Kugelreihe ausser Thätigkeit und überlässt die Gesamtarbeit der andern Kugelreihe. Dagegen arbeiten beide Kugelreihen zugleich, bei doppelt profilierten Lagerschalen (siehe Fig. 16).

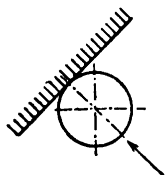


Fig. 14.

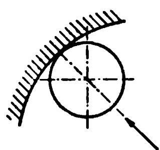


Fig. 15.

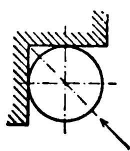


Fig. 16.

Für den leichten Lauf ist endlich der Flächendruck der Kugeln auf die Lagerschalen von Einfluss und sind hier die in der theoretischen Einleitung angeführten Regeln massgebend.

3. Die geringe Abnutzung der Lager wird erreicht durch Berücksichtigung aller der Faktoren, welche einen leichten Lauf bewirken und vorstehend besprochen sind.

4. Die Einfachheit in der Montage ist bei Kugellagern ein besonders wichtiges Erfordernis, da es häufig vorkommt, dass zersprungene Kugeln ausgewechselt oder eingedrungene Unreinigkeiten entfernt werden müssen. Oftmals dreht sich ein nicht genügend gesicherter Konus oder eine Lagerschale im Gewinde und presst sich gegen die Kugeln oder klappert, so dass ein Öffnen des Lagers notwendig wird. Hierbei bietet häufig das Einbringen der Kugeln Schwierigkeiten. Letztere werden durch Einlegen von Sicherheitsringen (in den nachstehenden Figuren mit S bezeichnet) behoben, welche das Herausfallen der Kugeln aus der Lagerschale nach Entfernung der Achse verhindern, ohne die frei Be-Beweglichkeit der Kugeln zu beeinflussen.

5. Die leichte Nachstellbarkeit der Kugellager ist von Wichtigkeit, da von der richtigen Einstellung, d. h. dem richtigen Spielraum zwischen Kugeln und Lagerschalen der leichte Lauf abhängt. Da diese Einstellung eine sehr feine ist, so erfordern die geringsten Abnutzungen oder Ausdehnungen infolge Streckens des Materials nachträgliche Justierungen. Eine sehr einfache und brauchbare Justiervorrichtung besitzen die sog. Aeoluslager, welche an fast allen Gepäckdreirädern angewandt sind (Fig. 17). Man dreht hier, ohne das Lager zu öffnen, nach Entfernung der Zahnsperrung die mit Zahnkranz versehene Lagerschale um ein oder mehrere Zähne, je nach Bedarf, und fügt die Zahnsperrung wieder ein.

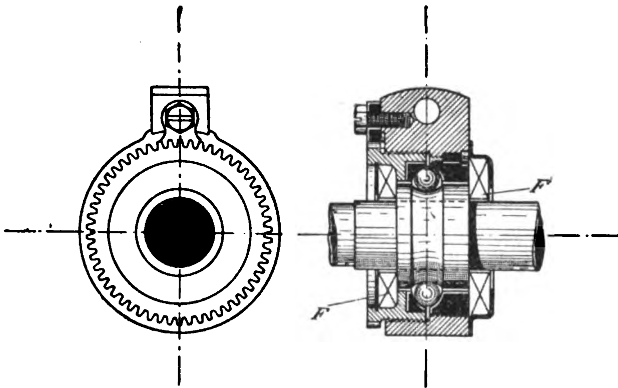


Fig. 17.

6. Eine bequeme Ölzuführung wird erreicht durch genügend grosse und derartig angeordnete Schmieröffnungen bezw. Schmiergefässe, dass man dieselbe bequem mit der Ölkanne erreichen kann. Es wird in diesen Punkten arg gefehlt, und findet man häufig bei Fahrrädern Schmiergefässe mit so kleinen Öffnungen, dass das Öl nur mit grosser Mühe hindurch gelangen kann. Es ist zu berücksichtigen, dass das einzuführende Volumen Öl ein gleiches Volumen Luft aus dem Lager verdrängen muss. Der letzteren bleibt häufig nur der Ausweg aus dem Schmierloch oder sonstigen kleinen Schlitzen offen. Ist ersteres nun so klein, dass man kaum mit einer Stecknadel hindurch kann, so genügt die Schwere des darin hängenden Tropfens nicht, die Luft herauszudrängen. Bei einigen amerikanischen Fahrrädern befindet sich die Ölzuführung in der hohlen mit einer Kapsel verschlossenen Achse. Letztere ist in der Nähe der Kugelreihen senkrecht durchbohrt und wird das Öl mittelst kleiner Dochte den Kugeln zugeführt. Diese Anordnung ist bei dichtem Abschluss der erwähnten Kapsel durchaus brauchbar und hat den Vorzug der bequemen Zugänglichkeit von aussen her (vergl. Fig. 18 Wolff-Rad).

Es sei hierbei der in Dingler's Polytechnischem Journal Bd. 314 (1899) Heft 2 und 3 von Ingen. R. Frank veröffentlichten „Studien über die Mechanik der

Kugellager“ an Fahrrädern Erwähnung gethan. Es werden hier in interessanter Weise die Reibungsverhältnisse einer eingehenden Betrachtung unterzogen und „zahlenmässige Grundlagen für die Beurteilung der Abmessungen der Kugellager in Bezug auf die durch die Reibung hervorgerufene Abnutzung“ rechnerisch entwickelt. Als Hauptmoment dieser „Studien“ seien hervorgehoben, erstens das Ergebnis, dass die Achsen günstiger beansprucht werden bei „inneren Kugelreihen“, (d. h. die Kugelreihen liegen zwischen den aussen liegenden Lagerkonen) gegenüber den äusseren, und dass bei letzeren zur geeigneten Unterstützung der Achse das Kettenrad bedeutend weiter nach innen gezogen werden muss als dies bei inneren Kugelreihen nötig wird. Zweitens die auch anderen Ortes häufig wiederkehrende Erklärung, dass die rollende Reibung, welche in Kugellagern zumeist mit gleitender Reibung zusammen auftritt, dadurch zustande kommt, dass der „rollende Körper sich auf der Bahn deformiert und seine zentrale Belastung um die Endkante der Deformation aufgekippt werden muss.“ Frank berechnet, dass bei den Kugellagern der Fahrräder die an den Schalenflächen auftretende gleitende Reibung den Betrag der rollenden Reibung um 6 bis 8 % erhöht, woraus hervorgeht, dass die gleitende Reibung verhältnismässig wenig ins Gewicht fällt. Die durch letztere hervorgerufene Abnutzung vergleicht er mit dem Vorgang analog wie bei einem spahnabhebenden Werkzeug. Da nun bei der vorstehenden Erklärung der rollenden Reibung (Aufkippen um eine äussere durch die Deformation geschaffene Kante) eine Abnutzung eigentlich nicht eintreten kann, so stände diese Erklärung im Widerspruch mit der Wirklichkeit, da eine Abnutzung auch vorhanden ist, wenn ausschliesslich rollende Reibung vorkommt. Hierbei ist m. E. jedoch zu beachten, dass die Hervorbringung der erwähnten Deformation des rollenden Körpers schon eine Abnutzung der Lagerflächen zur Folge haben muss, denn sobald bei den beiden sich berührenden Teilen gleiche Härte vorherrscht, so kann nicht der eine allein den andern deformieren, sondern diese Deformation muss eine gegenseitige sein. Mit der Wirklichkeit in Einklang steht nach Frank der Umstand, dass durch eine wahrscheinliche Überschreitung der Elasticitäts-Grenze im Laufe der Zeit eine Formänderung (Gefügeverschiebung) an den Berührungsflächen eintritt. So zeige z. B. ein längere Zeit in Gebrauch gewesener Konus oft eine tiefe Rille, deren Oberfläche jedoch noch glashart ist, ein Beweis dafür, dass sich unter der harten Oberhaut Verdrückungen eingestellt haben. Frank berechnet schliesslich einen Abnutzungskonfficienten k., um Vergleiche zwischen den Beanspruchungen der einzelnen Lagerteile und der vier am Fahrrad üblichen Kugellager untereinander zu gewinnen. Das Ergebnis ist in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt und dürfte für Fahrradfabrikanten sehr lehrreich sein.

Tafel der relativen Abnutzungen.

Bezeichnung des Lagers		Kugeln		Mittlere Lagerkraft	k
		Zahl	Durchm. englisch Zoll		
Tretkurbellager	rechte Schale	10	5/16″	74,5	74
	linke Schale			40,3	47
	rechter Konus			83,8	85
	linker Konus			97,7	96

Bezeichnung des Lagers		Kugeln		Mittlere Lagerkraft	k
		Zahl	Durchm. englisch Zoll		
Hinterradnabe	rechte Schale linke Schale rechter Konus linker Konus	9	$^1/_4$"	49,6 59,8 54,7 42,9	63 72 300 250
Vorderradnabe	Schalen Konen	10	$^3/_{16}$"	15,0 16,8	29 131
Pedale	Schalen Konen	12	$^1/_8$"	3,8 4,3	6 12

Unter der Annahme, dass aus anderen Gründen eine Veränderung des Achsen- und Nabendurchmessers unthunlich sei, giebt Frank zum Schluss als Hilfsmittel, um die Lagerkonen zur Aufnahme einer grösseren abnutzenden Wirkung zu befähigen, an: Verwendung vorzüglichen Stahles, vorzügliche Arbeit und Härtung, gute Durchbildung der Nabe in Bezug auf Ölzufuhr, Ölhaltung und Staubsicherung.

Neuerdings hat R. Frank noch unter dem Titel „Die Bewegungsmechanismen des Fahrrades" einen Abriss über Kugellager in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1900 S. 105 veröffentlicht, welche sich an die vorstehenden Ausführungen anschliesst.

Ausführungsbeispiele für Kugellager an Fahrrädern.

Fig. 18. Kugellager des Vorderrades am Wolff-Fahrrad. Die Ausführung der vorliegenden Modelle ist eine so exakte, die Konusse sind so genau eingepasst, dass zwischen Konusrand und Nabenhülse nur wenig Spielraum bleibt für Eintritt von Staub. Die Kugeln haben drei Unterstützungspunkte, und sind die Lager nach Fig. 12 profiliert. Ölung, wie vorstehend erwähnt, durch die hohle Achse mittelst Schmierdochte. Die Nabe hat verengende Öffnungen zum bequemen Einsetzen der Speichenköpfe von aussen her. Das Trettkurbellager ist in analoger Weise konstruiert, und liegt der Kettenzug direkt über der benachbarten Kugelreihe.

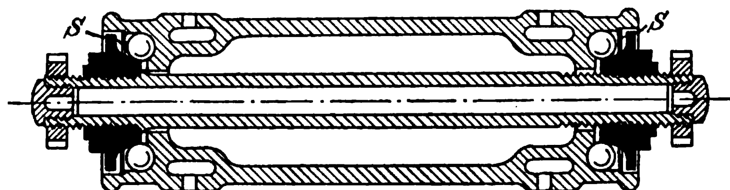


Fig. 18.

Fig. 19 zeigt das Tretkurbellager der Planet-Fahrradwerke, Bär & Rempel-Bielefeld. D. R. P. 99816. In dem richtigen Bestreben, die Kugelreihen möglichst weit nach aussen zu verlegen, sind die Naben der Kurbeln zu Lagern ausgebildet, so dass der Kettenzug zwischen beide Kugelreihen fällt. Diese Konstruktion hat den weiteren Vortheil, dass die Kugellager nach Entfernung der Tretkurbeln offen und bequem daliegen und gereinigt werden können. Letzteres wird häufig

nothwendig sein, da meines Erachtens der Schutzring H das Eindringen von Staub doch nicht ganz verhindern kann. Auch ist zu befürchten, dass bei nassem Wetter Sandteilchen leicht zwischen Schutzring und Hülse geraten und hier eine starke Reibung verursachen. Ein Filz- oder Tuchring an dieser Stelle dürfte sicherer wirken, besonders wenn er ab und zu erneuert wird. Die Justierung des Lagers geschieht am besten mittelst des durch Stellschraube T festgehaltenen Konus, wozu das Herausnehmen der einen Kurbel erforderlich ist.

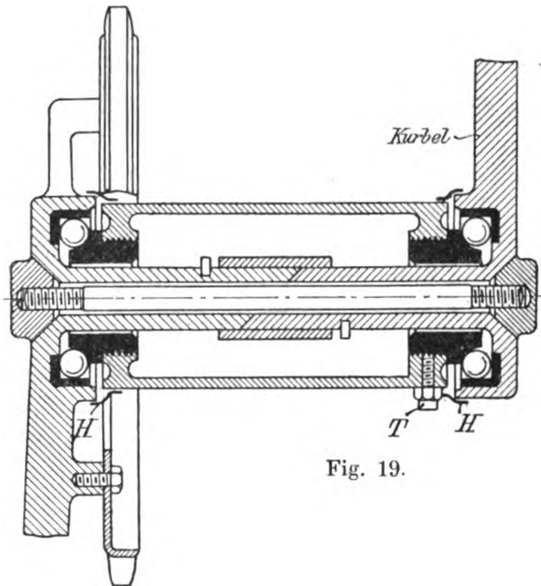


Fig. 19.

In Fig. 20 sehen wir das Tretkurbellager der Mars-Fahrradwerke. Der Kettenzug liegt über der rechten Kugelreihe. Staubeintritt durch Filzringe F erschwert, Kurbelachse mit rechter Kurbel aus einem Stück. Regulierung bequem von aussen her durch den Stellring T. Auch scheint das Lager gut ölhaltend zu sein, nur wäre die Entfernung zwischen der linkseitigen Kurbel und der entsprechenden Kugelreihe noch etwas zu verkleinern. Die auf der Achse aufgeschobene Hülse mit den Lagerkonussen erhöht die Stabilität und erleichtert die Montage.

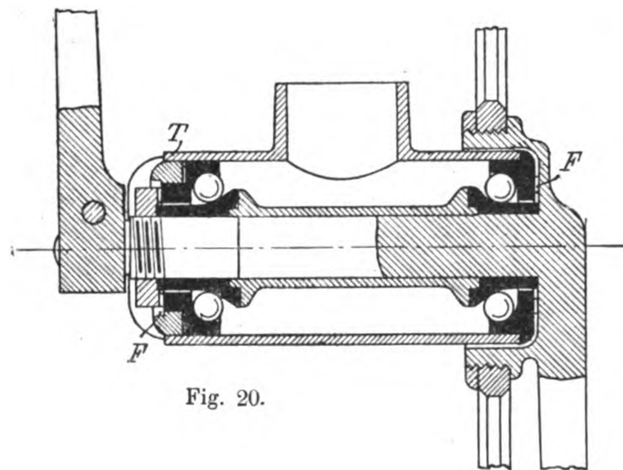


Fig. 20.

Fig. 21. Tretkurbellager der Cito-Fahrradwerke. Kugelreihen möglichst nach aussen gerückt. An der Kettenradseite fällt der Kurbeldruck mit dem Unterstützungspunkt der Kugeln fast zusammen. Der Kettenzug liegt zwischen beiden Kugelreihen, so dass alle ein Biegungsmoment hervorrufende Hebelarme auf beiden Seiten vermieden sind. Während auf der rechten Seite wenig Gelegenheit zum Eintritt des Staubes ist, wird sich letzterer an der Nabe a der linken Kurbel ablagern und leicht in das Lager hineingelangen. Die sichere Ölzuführung zu den Kugeln wird durch das die Achse umschliessende Rohr R gewährleistet. Justierung nach Entfernung der linken Kurbel leicht zu bewirken.

Fig. 22 ist ein gut durchkonstruiertes Hinterradlager der Firma Hengstenberg & Co., Anker-Fahrradwerke, D. R. G. M. 81993. Die Ölzuführung ist auch hier durch ein über die Achse geschobenes Rohr R erleichtert, und sind die Kugeln

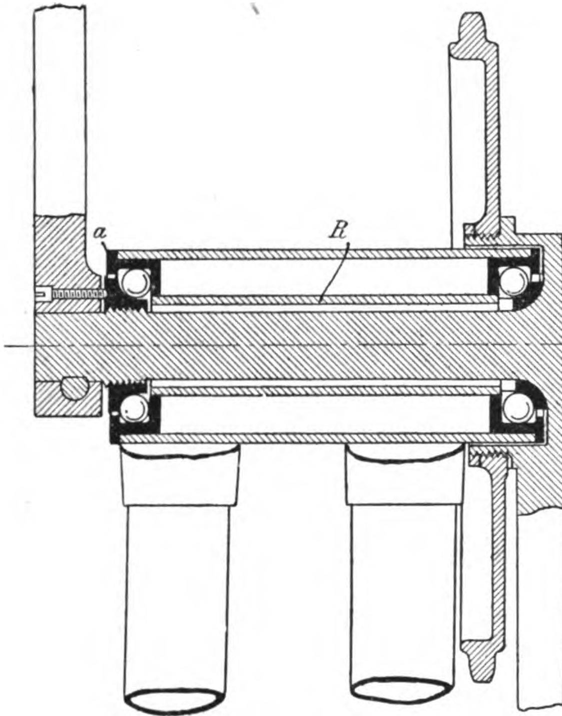


Fig. 21.

durch Filzringe F, welche sich in besonderen Kapseln befinden, gegen Staub geschützt. Einstellung der Lager leicht durch die Konusse bewirkbar. Die Kugeln haben eine zweckmässige Unterstützung in drei Punkten.

Fig. 23 ist ein dem vorigen sehr ähnliches Lager der Light Cycle Co., Pottstown, Pa. Die Staubabdichtung geschieht hier mittelst eines Deckels D, gegen welchen innen eine zweite Scheibe anliegt. Beide sind mit Öffnungen versehen, um die Kugeln von aussen her ölen und reinigen zu können. Im Gebrauch wird die innere Scheibe gegen die äussere so verschoben, dass die Öffnungen verschlossen sind.

Fig. 24. Hinter- bezw. Vorderradlager von Otto Müller, Bruch i. W. D. R. P. 14477. Das Lager hat drei konische Laufflächen, welche

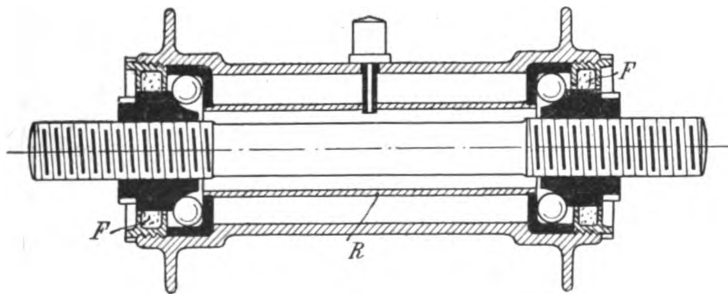


Fig. 22.

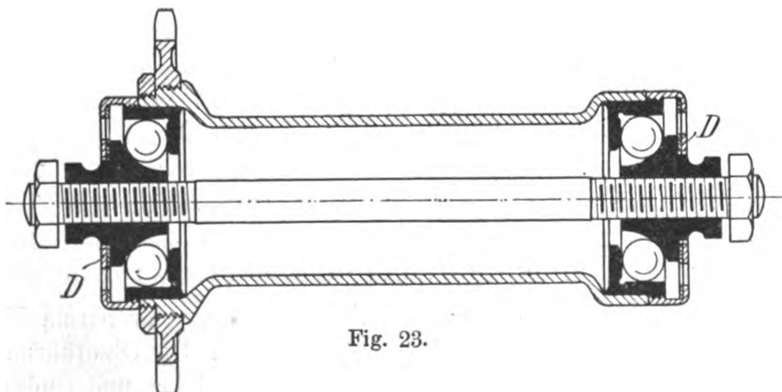


Fig. 23.

gegen einander verschiebbar sind, so dass bei eingetretener Abnutzung den Kugeln neue Laufflächen geboten werden können.

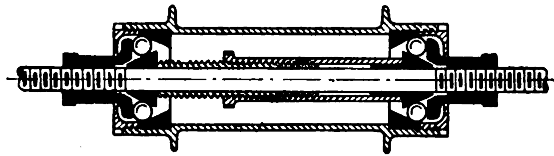

Fig. 24.

Fig 25. Kugellager der Brennabor-Fahrradwerke, Brandenburg a. H. Das Lager ist ölhaltend und staubsicher und bedarf nur selten einer Erneuerung des Öls. Etwaiges Abfliessen des Öls bei seitlichen Schwankungen bezw. in geneigter Lage des Fahrzeuges wird durch Filzringe F. verhindert. Die Montage des Rades wird wesentlich erleichtert durch Sicherungsringe S und Scheiben E,

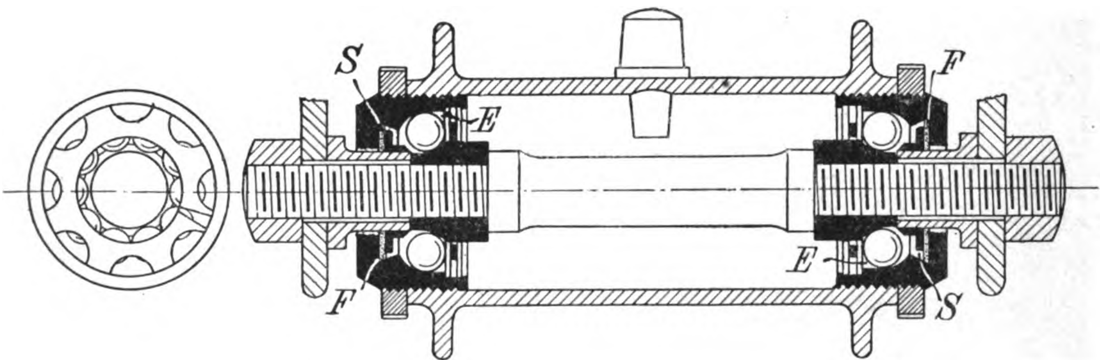


Fig. 25.

welche auch in der Seitenansicht dargestellt sind. Diese Sicherungsringe sollten an keinem Kugellager fehlen, denn nur sie ermöglichen ein schnelles und sicheres Zusammensetzen des Lagers nach dem Auseinandernehmen, und ist man somit in der Lage, viel häufiger eine Reinigung des Lagers vorzunehmen und für die gute Instandhaltung desselben zu sorgen, als es ohne diese Ringe möglich ist. Letztere sind meines Wissens zuerst von den Amerikanern angewandt worden.

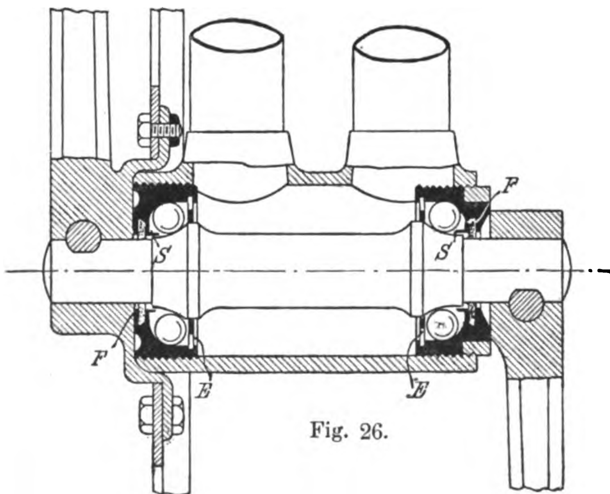


Fig. 26.

Fig. 26 ist das nach denselben Grundsätzen durchgebildete Tretkurbellager derselben Firma. Der Kettenzug liegt über der betreffenden Kugelreihe. Wenn, wie an dieser Figur ersichtlich, die Gabelrohre des Hinterrades, das Sattelstütz- und das Diagonalrohr, so an die Lagerhülse angefügt sind, dass der Raum der letzteren mit den Hohlräumen der Rohre in direkter Verbindung steht, so liegt stets die Gefahr vor, dass Unreinigkeiten

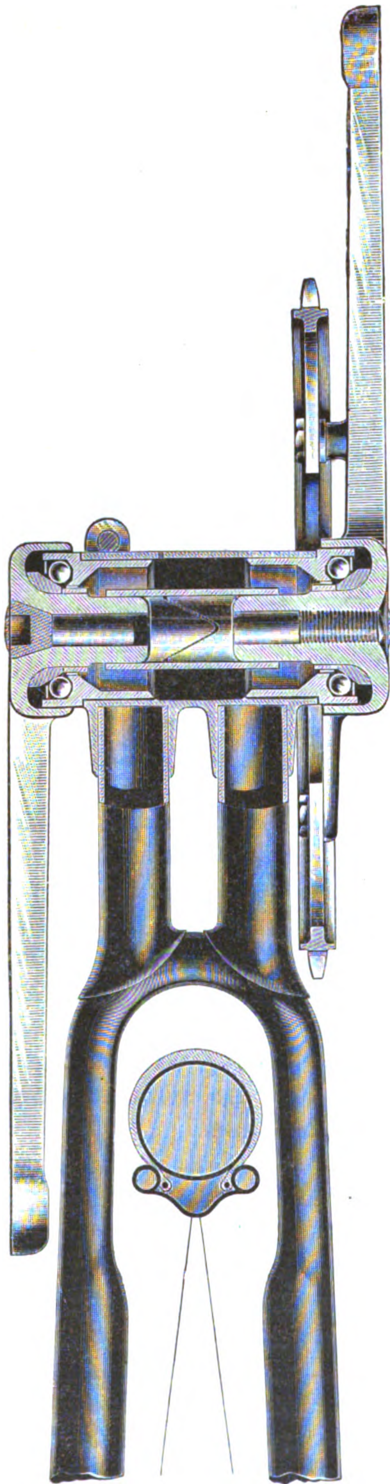


Fig. 27.

aus dem Innern der Rohre (Löthmasse, Glühspahn u. s. w.), welche sich von den inneren Rohrwandungen durch die Stösse der Strasse ablösen, in das Lager und zu den Kugeln gelangen und diese verschmutzen können. Hier sollte stets ein Abschluss der Lagerhülse gegen die Innenräume der Rohre vorgesehen sein.

Das Styria-Patent-Kurbellager, Fig. 27, ist nach denselben Grundsätzen gebaut wie Fig. 19. Die ausgedrehten Kurbelnaben tragen die Lagerkonusse. Kurbelachse und Kurbel sind aus einem Stück und werden, wie aus der Figur leicht ersichtlich, durch Hülse und Schraubenbolzen zusammengehalten. Das Nachstellen des Lagers erfolgt nur durch Verstellung der linksseitigen Lagerschale, welche mit rechtsgängigem Gewinde in das Gehäuse eingeschraubt ist. Das Montiren und Auseinandernehmen erfolgt in einfachster Weise mittelst des mit Vierkantloch versehenen Schraubenbolzens.

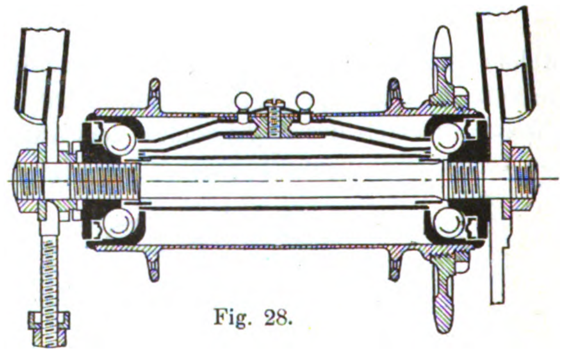


Fig. 28.

Fig. 28. Hinterradlager der „Adler"-Fahrradwerke in Frankfurt a. M.

Die Naben mit ihren justierbaren, ölhaltenden und staubdichen Kugellagern für die Radachsen sind in der für die Stabilität des Rades zweckentsprechendsten Breite gehalten, in Konstruktion und Ausführung mustergiltig. —

Leicht erkennbar sind: die Kugellager-Ölung mit den beiden Ölerröhrchen und mit den beiden durch eine drehbare Ölfeder verschliessbaren Öllöchern; die Speichenflanschen; die Staubdichtungen; die Kugellager für die Achse; die grossen Lagerkugeln; die Art und

Weise der Festhaltung der Kugeln, auch wenn die Achse herausgenommen wird; die Radachse mit Gegenmutter und Konussen; der abnehmbare Naben-Zahnkranz; die Durchbohrungen an den Flanschen zur Einhängung der Tangentspeichen, u. dgl.

Bei der durch die Abbildung dargestellten Kuggellager-Ölung findet das Öl seinen Weg zu den Kugellagern durch die in die Lager-Teller eingebohrten Löcher, auch bei schiefer Stellung des Rades. Die kugelförmig gestalteten Nietköpfe an der Ölerfeder schliessen die Öllöcher dicht ab, womit einem Ausfliessen des Öles vorgebeugt ist.

Fig. 29. Das Tretkurbellager derselben Firma für einen Kettenantrieb, bei welchem der Kettenzug zwischen die Kugellager zu liegen kommt, ist durch nebenstehende Figur abgebildet.

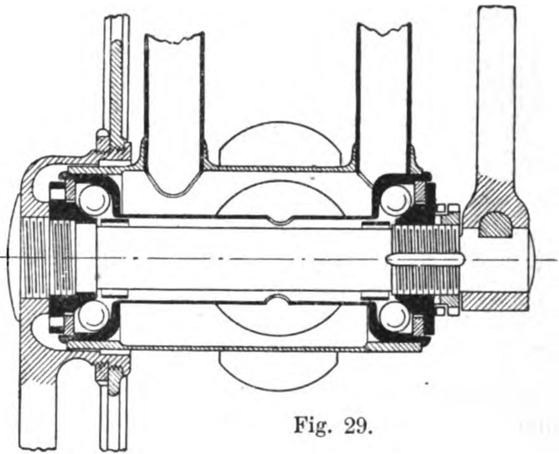


Fig. 29.

Die Figur zeigt einen Durchschnitt des Kurbel-Lagergehäuses und der Kugellagerteller. Weiter erkennbar sind: die Kurbelachse mit ihren Gewinden für die im Durchschnitt dargestellten Kugellager-Konusse und die Staubdichtungen, ferner die Befestigungsweise der rechten Kurbel mittels Keil.

Die linke Kurbel greift glockenförmig über das linke Kurbellager und bildet mit der Kurbelachse ein Stück. Das im Durchschnitt sichtbare Kettenrad ist mit linkem Gewinde auf die Kurbel geschraubt und wird durch eine rechtsgängige Gegenmutter festgehalten. Durch diese Anordnung werden die beiden Kurbelachsen - Kugellager möglichst weit auseinandergehalten und der im Kettenrad zur Geltung kommende Kettenzug zwischen beide Kugellager gebracht, wodurch dem sog. Ecken vorgebeugt ist.

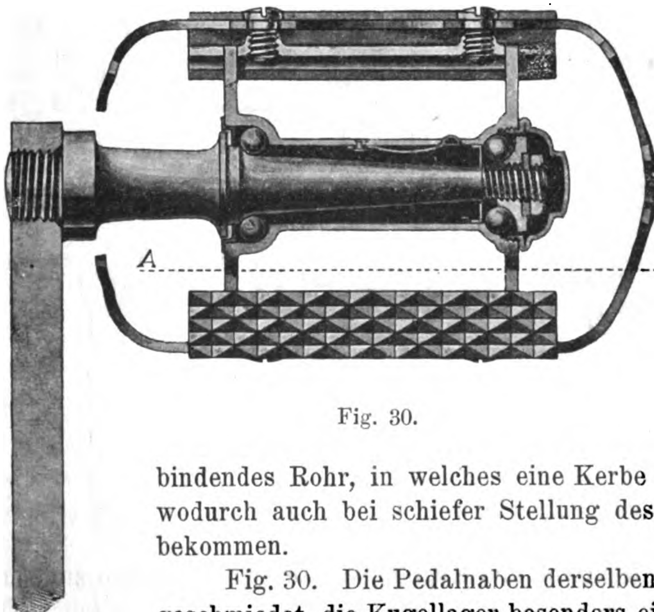


Fig. 30.

Die Ölung erfolgt durch zwei Helmöler und durch ein die Kugellagerteller verbindendes Rohr, in welches eine Kerbe in der Mitte eingewalzt ist, wodurch auch bei schiefer Stellung des Rades beide Kugellager Öl bekommen.

Fig. 30. Die Pedalnaben derselben Firma sind aus bestem Stahl geschmiedet, die Kugellager besonders eingesetzt, vorzüglich gehärtet

und mit Staubdichtungen versehen, wie die Abbildung zeigt. Die Staub-Dichtungskapseln sind direkt in die Pedalnaben eingeschraubt.

Die Pedale sind ölhaltend und der Ölrohrverschluss wird automatisch bewirkt durch ein innen liegendes Federchen, und ist dem nach Niederdrückung dieses Federchens eingegossenen Öl der Weg zum Ausfliessen durch dasselbe versperrt.

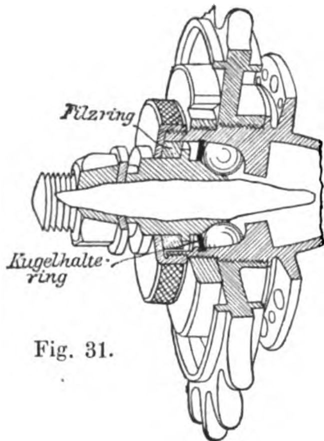
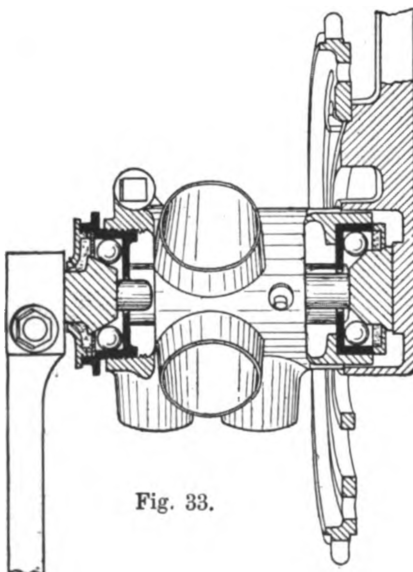


Fig. 31.

Fig. 31 u. 32 sind Kugellager der „Pfeil"-Fahrradwerke (vorm. Claes & Flentge). Es ist ersichtlich, dass nächst der Stabilität ein grosser Wert auf die Ölhaltung und Staubabdichtung gelegt ist. Damit bei dem Tretkurbellager Fig. 32 von innen her durch die Rahmenrohre nicht Staub oder Walzzunder in die Lager gelangen kann, ist hier ein Abschluss durch ein die beiden Lagerschalen verbindendes Rohrstück angebracht, welches gleichzeitig ein Abfliessen des Schmieröles aus den Lagerschalen (Kugeltassen) in die Rahmenrohre hinein, verhindert.

Fig. 33. Tretkurbellager des Kayser-Rades (Pfälzische Nähmaschinen- und Fahrräder-Fabrik vorm. Gebr. Kayser in Kaiserslautern). Dasselbe hat die sämtlichen Vorteile der vorbeschriebenen Konstruktion und vermeidet ebenfalls den zuletzt erwähnten Übelstand dadurch, dass es die beiden Lagerschalen durch ein besonderes, das Lager nach aussen abschliessendes Rohr verbindet.

Fig. 34 zeigt ein von den übrigen Konstruktionen gänzlich abweichendes Kugellager der Phänomen-Fahrradwerke von Gust. Hiller in Zittau. Die Achse besteht hier aus einem dünnen


Fig. 33.

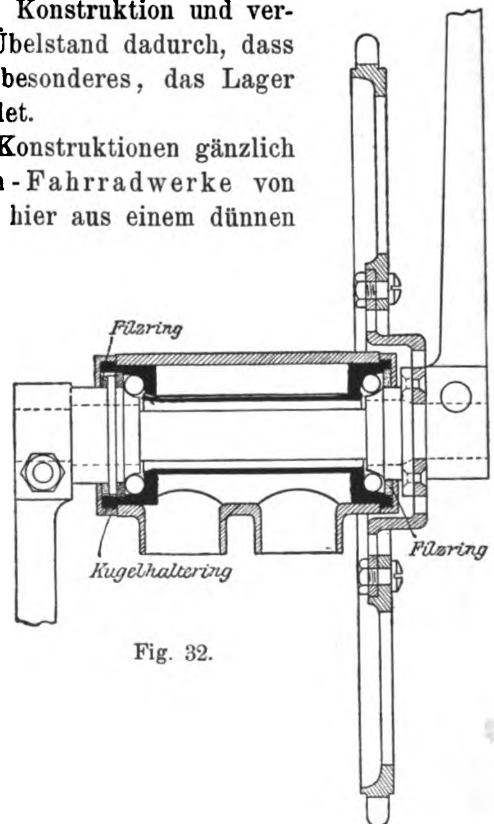


Fig. 32.

Draht, welcher jedoch nicht direkt von den Kugeln belastet wird, sondern zunächst nur den Zweck hat, die beiden Gabelenden mit einander zu verbinden. Die

Lagerkegel sind in die Nabe eingesetzt, während die Schalen fest mit den Gabelenden verbunden sind. Wir haben demnach hier die kinematische Umkehrung der sonst üblichen Konstruktion. Bei richtiger Justierung des Lagers wird die Drahtachse nur auf Zug beansprucht, während die Druckkräfte zwischen den beiden Gabelenden vermittels der Kugeln auf die Lagerkegel und von diesen auf die Nabe übertragen werden. Der Zweck dieser Konstruktion ist nach Angabe der Firma der, durch die schwache Achse die Kugeln dem Lagercentrum näher zu bringen, um durch die Verkleinerung der Reibungsflächen einen leichteren Lauf zu erzielen,

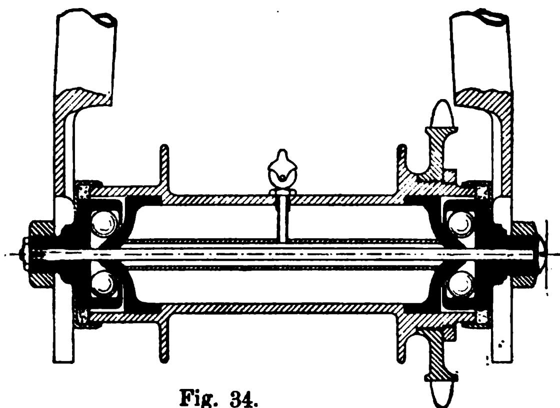


Fig. 34.

denn „in demselben Verhältnis, in dem die Kugellaufbahn am Lagerkegel verkleinert wird, wird auch der Drehwiderstand des Kugellagers bei der Belastung des Fahrrades verringert.“ Diese wohl für das Publikum berechnete Erklärung, dürfte für den Fachmann etwa folgendermassen umzuschreiben sein: Reibung ist Arbeit, also Produkt aus Kraft $\times$ Weg $\times$ Reibungskoefficient $\times$ Zeit $=$ P. s. k. t.

P $=$ Belastung des Rades $=$ konstant $=$ n . p, wenn n die Zahl der tragenden Kugeln und p die auf jede Kugel entfallende Einzelkraft bedeuten.

Der Weg s ist, falls der Laufkegel-Durchmesser hier halb so klein ist als bei den früheren Konstruktionen, gleich der Hälfte der bisherigen Verschiebung zwischen den sich berührenden und reibenden Flächen.

k ist ebenfalls konstant, falls die Schmiere nicht durch zu grossen Flächendruck (p) fortgedrückt wird.

t $=$ konstant.

Demnach wäre rein theoretisch die Reibungsarbeit hier etwa halb so gross als bei den bisherigen Konstruktionen, da nur der halbe Weg unter gleichen Verhältnissen zurückzulegen wäre.

Die Betrachtung ergiebt jedoch weiter, dass, da nur die halbe Kugelzahl (n) gegen früher vorhanden ist, der Einzeldruck auf dieselben (p) doppelt so hoch ausfallen muss, wodurch praktisch der Reibungskoefficient zweifellos erhöht wird, obwohl derselbe theoretisch von dem Druck unabhängig ist, denn es findet eine stärkere Verdrängung des Schmiermaterials und eine schnellere Abnutzung der Laufflächen statt.

Aber auch die Kraft P ist grösser als bisher, denn die Kugeln haben hier nicht nur die vertikalen und seitlichen Beanspruchungen und Stösse des Rades aufzunehmen, sondern auch noch diejenigen Kräfte, welche durch die Verschiebungen der beiden Gabelenden gegeneinander von der in Bezug auf Druck und Biegung widerstandslosen Drahtachse nicht aufgenommen werden können. Diese Kräfte sind jedoch nicht zu vernachlässigen, da sie infolge der Unebenheiten des Weges und der meist vorhandenen und häufig wechselnden Neigung des Fahrzeuges nach der Seite konstant auftreten.

Hiernach dürfte also dieses Kugellager nach einiger Laufzeit mehr oder weniger von seinem Vorteile der verminderten Reibung einbüssen, und muss es der Praxis überlassen bleiben die in die Konstruktion gesetzten Hoffnungen zu rechtfertigen.

Zweifellos gut ist bei dieser Konstruktion die unmittelbare Verbindung der Lagerschalen mit den Gabelenden, weil hierdurch die Druckkräfte von den Kugeln möglichst direkt auf die Rahmenteile übertragen werden.

Dass hier im Gegensatz zu früheren Anordnungen der Konus zugleich mit der Nabe rotiert, während die Schalen fest stehen, ist belanglos, da auch im umgekehrten Falle dieselbe Relativ-Bewegung zwischen den Berührungskörpern stattfindet.

Hervorzuheben ist an diesem Lager noch die möglichst ausgiebig hergestellte Staubabdichtung und gesicherte Ölzuführung.

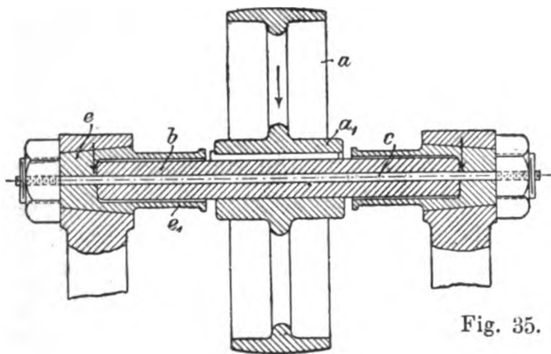


Fig. 35.

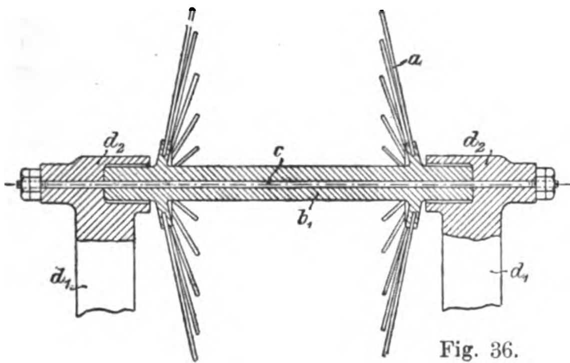
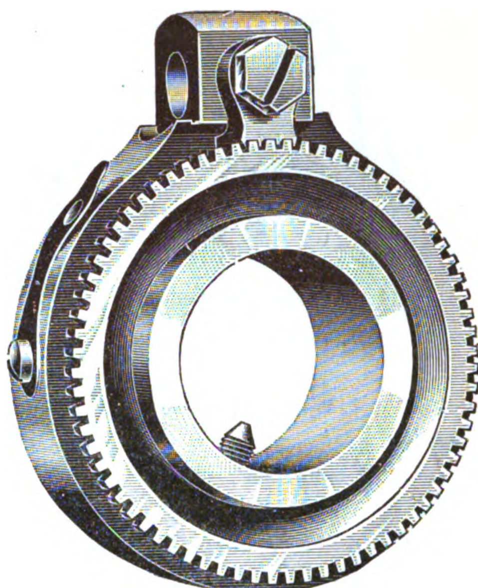


Fig. 36.

Im Anschluss hieran sei des Gauswindt'schen Drahtachsenlagers gedacht, welches auch auf dem Prinzip der möglichsten Verkleinerung des Reibungsweges s, beruht, obwohl es kein Kugellager ist, Fig. 35 u. 36. Ein dünner Stahldraht c (Klaviersaite) ist in beiden Gabelenden eingespannt und trägt eine rings herum anliegende Nabe b, welche den Draht an ihren Stirnenden auf Abscheerung beansprucht. Die Gabelenden werden wie bei der vorstehenden Konstruktion auch hier ausschliesslich durch den Draht zusammengehalten. Die seitlich auftretenden Druckkräfte werden durch die Stirnflächen der Nabe aufgenommen. Zur Sicherheit bei einem Bruch des Drahtes werden die Nabenenden von den hülsenförmigen Teilen e_1 umfasst. Die Kritik dieser Lager dürfte sich annähernd mit derjenigen der vorstehenden Konstruktion decken. Bei allen erhofften und thatsächlichen Vorteilen dieser Anordnung, darf der mit in den Kauf genommene Nachteil nicht unerwähnt bleiben, dass die bisherige starre Verbindung zwischen den beiden Gabelenden aufgehoben und durch die neue labile Verbindung nur mangelhaft ersetzt wird. Ein fernerer Nachteil dieser Konstsuktion liegt in der Aufnahme der seitlichen (hier horizontalen) Beanspruchungen durch die Stirnflächen der Naben-Enden anstatt durch Kugeln.

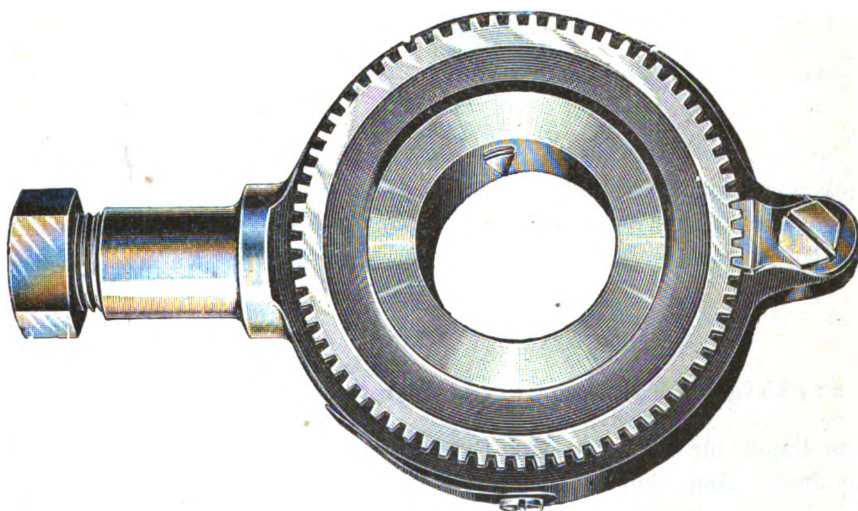
Fig. 37—41 bringen die im Fahrrad- und Motorfahrzeugbau vielverwendeten Äolus-Lager der Firma Siecke und Schultz, Berlin SW. zur Darstellung. Diese Typen finden wegen ihrer aus den Figuren hervorgehenden verschiedenen


Fig. 37.

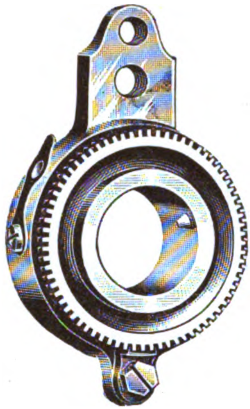
Befestigungsart in ausgedehntem Masse Verwendung und können als Massenartikel verhältnismässig billig hergestellt werden. Die innere Einrichtung dieser Lager geht aus dem Querschnitt Fig. 17 (S. 12) hervor. Jedoch finden die in Fig. 17 gezeichneten Staubabdichtungskapseln F mit Filzring-Einlagen nur in besonderen Fällen Anwendung. Der innere gegen die Kugeln sich anlegende Bund wird auf die betr. Welle geschoben und auf derselben durch Eindrehen des kleinen nach innen herausragenden Schraubstiftes befestigt. Die Justierung des Lagers geschieht mittels der den Zahnkranz tragenden Lagerschale, welche in ihrer jeweiligen Stellung durch das von einer kleinen Schraube festgehaltene Zahnsegment gesichert wird. Die Schmierung erfolgt von aussen nach Wegschiebung des durch eine Blattfeder gebildeten Schmierdeckels. Die gangbarsten von vorgenannter Firma in den Handel gebrachten Grössen sind für Wellendurchmesser von:

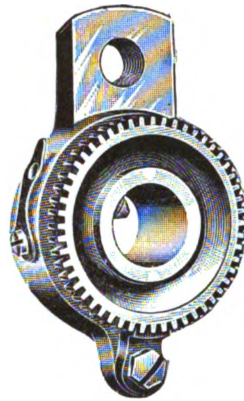
	17,5	19	22,2	25,4	28,6 u.	31,7 m/m
=	11/16"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4" engl.

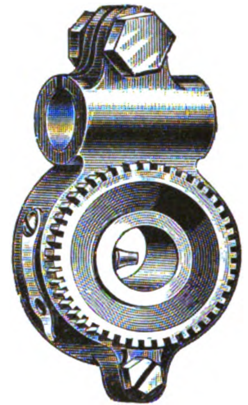
Fig. 42 u. 43 sind die sogen. „Deuschen Präcisionskugellager" derselben Firma, welche demselben Zweck dienen wie die Äolus-Lager und ähnlich durch-


Fig. 38.

gebildet sind. Die Sicherung der zur Justierung dienenden Lagerschale findet hier, wie aus Fig. 42 ersichtlich, mittels des von der Klemmschraube zusammen-

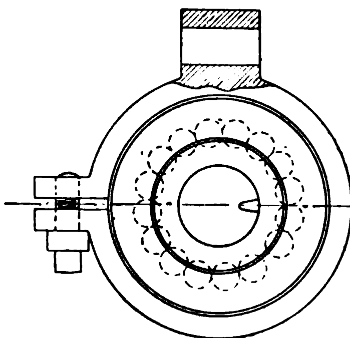

Fig. 39. Lappenbefestigung für 2 Schrauben

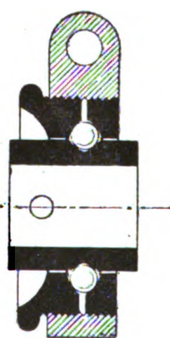

Fig. 40. Lappenbefestigung für 1 Schraube.


Fig. 41. Mit Klemmhülse.

gehaltenen Lagerkörpers statt. Die gangbaren Dimensionen sind für Wellendurchmesser von:

19 22 25 28 und 32 m/m, sowie für 34,9 und 38,1 m/m.


Fig. 42.


Fig. 43.

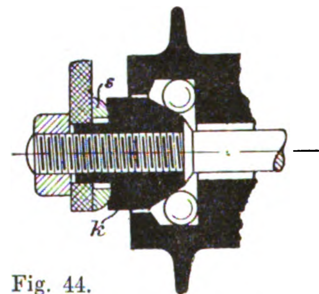


Fig. 44.

Fig. 44 ist eine für Fahrradachsen bestimmte Konusverbindung der Bielefelder Nähmaschinenfabrik Baer und Rempel, D. R. G. M. gekennzeichnet durch eine konkave Anlagefläche am Rücken des Konus k in Verbindung mit einer entsprechend gewölbten Zwischenscheibe s, welche den Zweck hat, etwaige Abweichungen in der parallelen Richtung der Auflager auszugleichen.

b) Einreihige Kugellager für Strassen- und Bahnfahrzeuge.

Kugellager für Strassen- und Bahnfahrzeuge sind hauptsächlich in Amerika in Anwendung. Hier sind nicht nur die Motorwagen und die Sportfahrzeuge zum grössten Teil damit ausgerüstet, sondern auch die zumeist leichten Strassenwagen zum alltäglichen Gebrauch für Personenbeförderung.

Leichtere Fahrzeuge haben gewöhnlich einreihige, schwerere mehrreihige Kugellager bezw. Rollenlager.

Fig. 45. Kugellager für Drahtspeichenräder mit Luftkissenreifen der Premier Manufacturing Company in Hartford, Connecticut. Die Lagerschalen sind nach einem Radius gekrümmt, der etwas grösser als derjenige der Kugeln ist. Der rechtsseitige Konus ist nach Entfernung der Verschlusskapsel leicht verstellbar. Die Schraube, welche den Konus hält, ist durch eine zweite konaxial mit ihr angeordnete Druckschraube gesichert, und kehrt diese einfache und wirksame Sicherung bei amerikanischen Kugellagern sehr häufig wieder. Die Kugeln sind durch Sicherungsringe S gehalten, so dass sie bei abgezogener Nabe nicht herausfallen können, was die Montage wesentlich erleichtert. Nach dem Schaft zu ist das Lager durch einen starken Filzring F gegen Staub geschützt. Die Schmierung erfolgt an derselben Stelle, wo die Speichenlöcher sich befinden, und zwar durch eine Öffnung zwischen zwei Speichenlöchern.

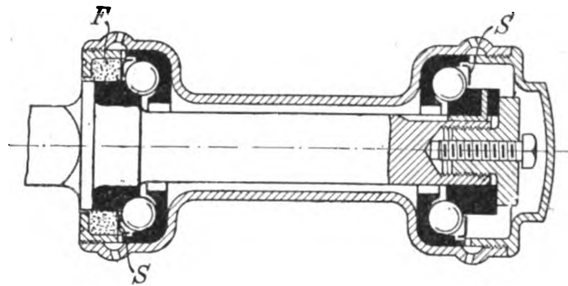


Fig. 45.

Fig. 46 ist eine der vorstehenden sehr ähnliche Konstruktion der Pneumatic Wheel Company in Freehold, New Jersey, gleichfalls für Drahtspeichenräder.

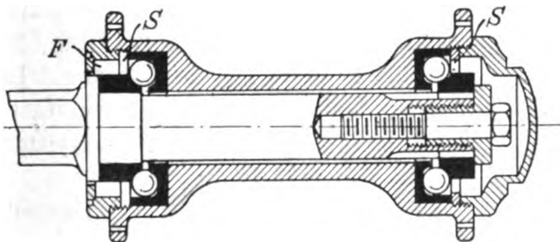


Fig. 46.

Fig. 47. Lager der Newark Sarven Wheel Co. in Newark, N. J., für Räder mit hölzerner Nabe. Die Nabenhülse ist behufs Hineinpassen in die hölzerne Umhüllung zweiteilig konstruiert und gegen Verdrehung durch Rippen gesichert. Im Übrigen entspricht die Konstruktion der beiden vorstehenden.

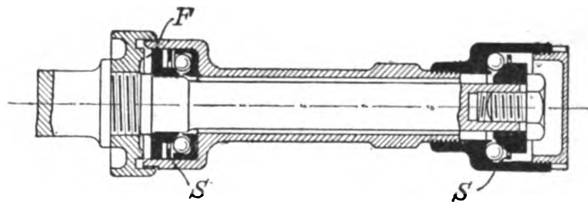


Fig. 47.

Fig. 48. Excelsior-Kugellager der Excelsior Ball Bearing Co, Fort Wayne, Ind. Die Holznabe is herumgezeichnet. In die stählerne bezw. gegossene Nabenhülse ist an den Enden je ein kurzes Rohrstück fest eingesetzt, welche als Auflager für die Kugeln dienen. Nur diese Hülse mit den Rohrenden ist fest in der

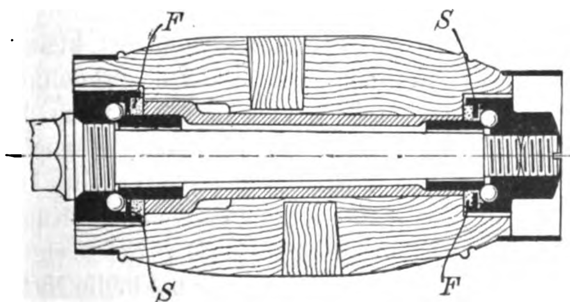


Fig. 48.

Nabe und dreht sich mit dem Rade. Die äusseren Lagerteile dagegen sind fest auf der Achse aufgeschraubt. Bemerkenswert ist die Staubabdichtung durch die mehr nach innen zu verlegten Filzringe. Der Holzkörper ist mit nur wenig Spielraum über die äusseren Lagerteile gepasst, und dürfte das Eindringen des Staubes in die Lager dadurch sehr erschwert sein. Der rechts liegende äussere Lagerteil ist dadurch gesichert, dass eine Druckschraube mit demselben Durchmesser wie der Gewindestutzen an der Achse, aber mit anderer Steigung, gegen den Gewindestutzen der letzteren geschraubt wird.

Fig. 49. Lager der Meeker Manufacturing Co. in Dayton, Ohio. Bei dieser Konstruktion hat das Bestreben vorgewaltet, die seitlichen Druckbeanspruchungen durch beide Kugelreihen gleichzeitig aufzunehmen, wodurch für jede Kugelreihe drei Lagerringe notwendig wurden, von denen der mit Zapfenlöchern versehene und durch eine Sicherungsschraube festgehaltene äussere Ring zur Einstellung und Justierung dient. F ist ein Filzring zur Staubabdichtung. Die hölzerne Nabe ist an den Enden durch die übergreifenden Metallhülsen verstärkt. Schmierung nach Entfernung der linksseitigen Staubkapsel bezw. des rechtsseitigen Justierungsringes.

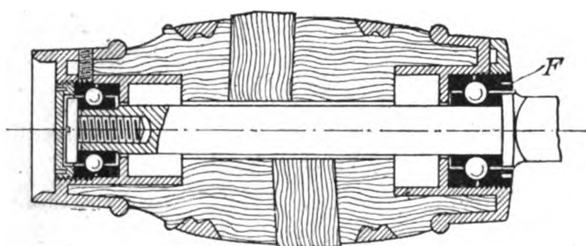


Fig. 49.

Fig. 50. Kugellager von Knowlton & Beach in Rochester, N. Y. Dasselbe ist nach den gleichen Grundsätzen konstruiert wie das vorstehende. Die Form der Lagerschalen ist eine derartige, dass die Kugel an vier Punkten gleichzeitig aufliegen soll. Bei vertikaler Belastung ruhen indessen die Kugeln nur an zwei Punkten auf. Die Justierung ist einfach und die Sicherung der Justierhülse zuverlässig. F ist eine Einlage von Filzringen gegen Staub.

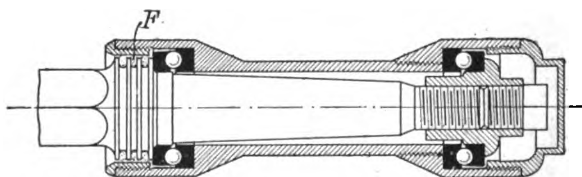


Fig. 50.

Fig. 51 nennt sich The Imperial Ball Baering Axle 1897 der Firma Kelley, Maus & Co. in Chicago, Jll. Bemerkenswert an demselben ist die auf einen möglichst kleinen Raum beschränkte Kugellauffläche der Konusse, wodurch das ganze Lager einen möglichst kleinen Durchmesser erhält. Der rechtsseitige verstellbare Konus ist durch Stifte E gegen Drehung gesichert, welche bis in die Nuten der Achse hineinreichen. S sind

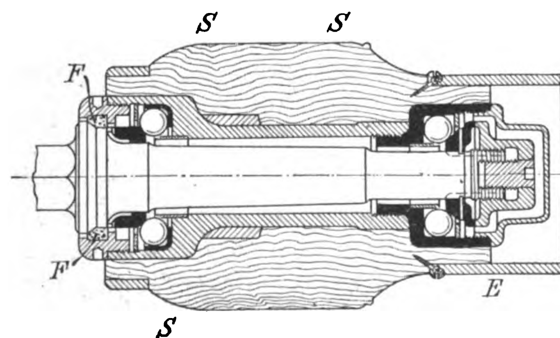


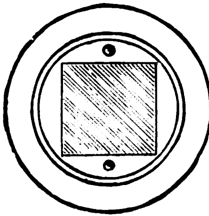
Fig. 51.

die Sicherungsringe für die Kugeln, F Filzabdichtungen. Die Schmierung kann nach Öffnen der Verschlusskapsel rechts erfolgen, desgleichen die Justierung.

Fig. 52—54 sind Achsschenkel-Kugellager der bereits genannten Firma Siecke & Schultz für kleinere Fahrzeuge (Anhängewagen für Motordreiräder etc.) mit Drahtspeichenrädern. Diese Lager zeichnen sich durch ihre einfache und kräftige Konstruktion aus. Der Ölzuführung und Staubabdichtung ist Rechnung getragen. Justierung leicht von aussen nach Entfernung der Stirnkapsel vorzunehmen.



Fig. 53.



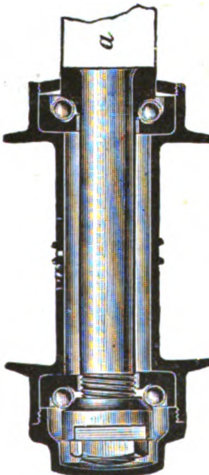


Fig. 52.

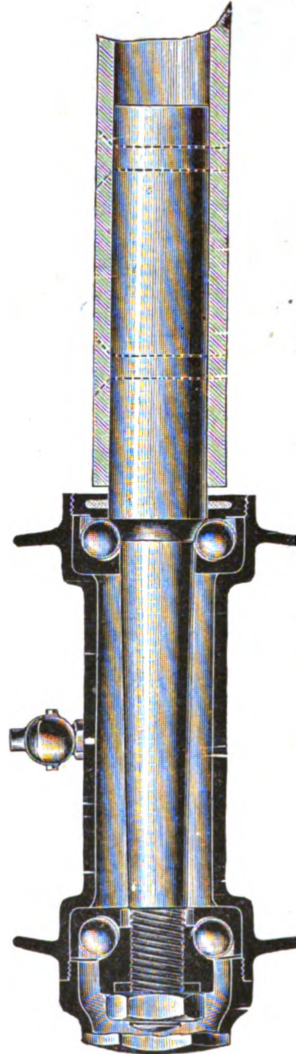


Fig. 54.

Fig. 55—57 sind Kugellager derselben Firma für schwerere Motorwagen, und zwar Fig. 55 für die vorderen Lenkräder mit Gabelsteuerung. In Fig. 56

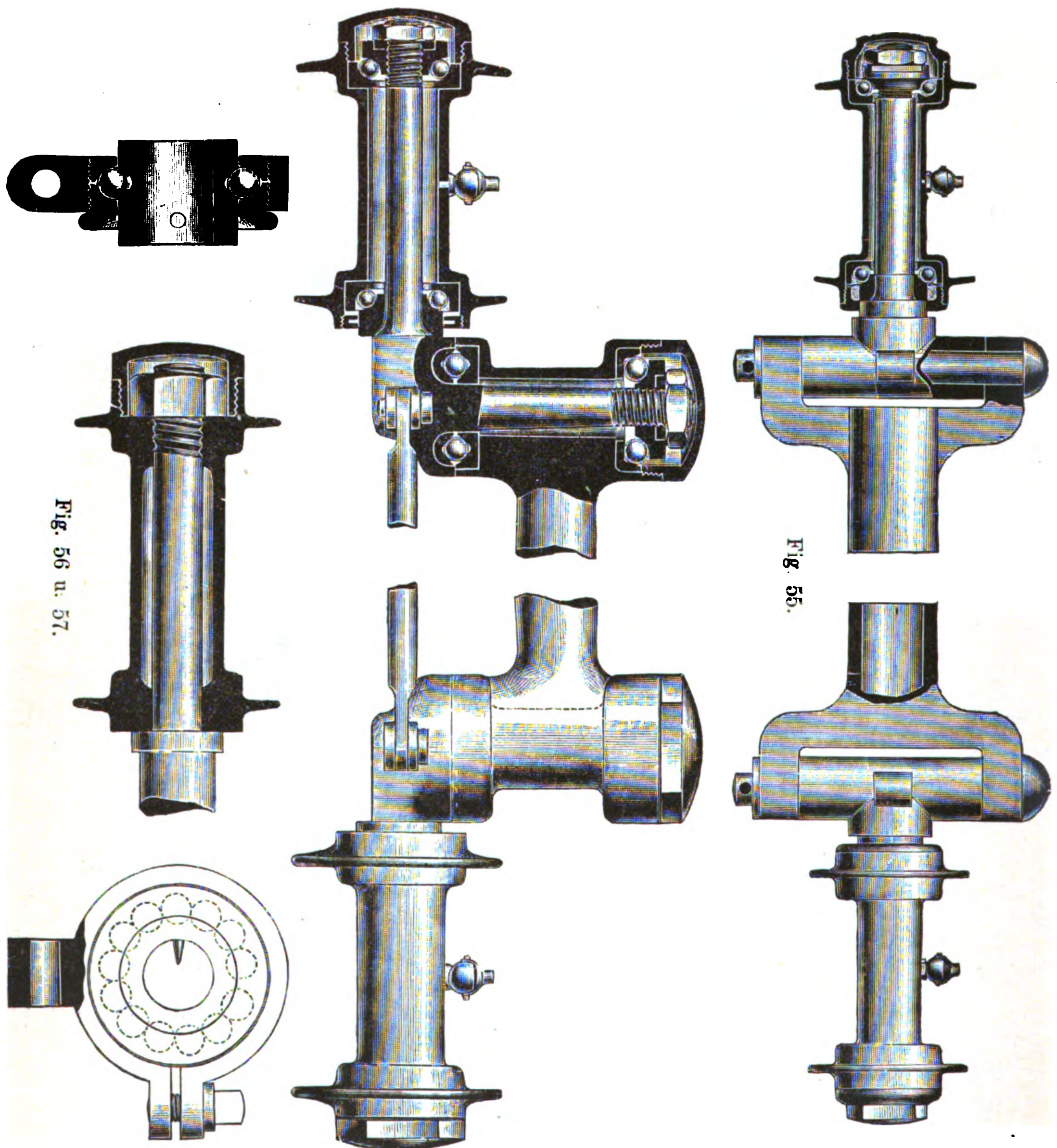


Fig. 56 u. 57.

Fig. 55.

erhält auch die Steuergabel Kugellager, während Fig. 57 die mit dem Motor gekuppelte hintere Antriebsachse mit aufgekeilten Radnaben darstellt, welche ihrerseits in dem zu beiden Seiten gezeichneten Präcisionslager läuft.

Fig. 58 stellt eine leichte Wagenachse der Firma Osgood Morrill in Amesbury, Mass. dar, welche insofern bemerkenswert ist, als der Hauptdruck (vertikal) durch gewöhnliche cylindrische Achsschenkel und Achsbuchse und nur der seitliche Druck durch ein Kugellager aufgenommen werden. Letzteres muss natürlich

genau justiert sein, damit auf dasselbe nicht ein Teil der vertikalen Belastung entfällt und die Kugeln in übermässiger Weise beansprucht. Der zwischen äusserer Nabenhülse und dem inneren Lagercylinder der Achsbuchse geschaffene Hohlraum dient zur Aufnahme des Schmieröls, welches durch die zahlreichen Löcher des letzteren Teiles zum Achsschenkel gelangt.

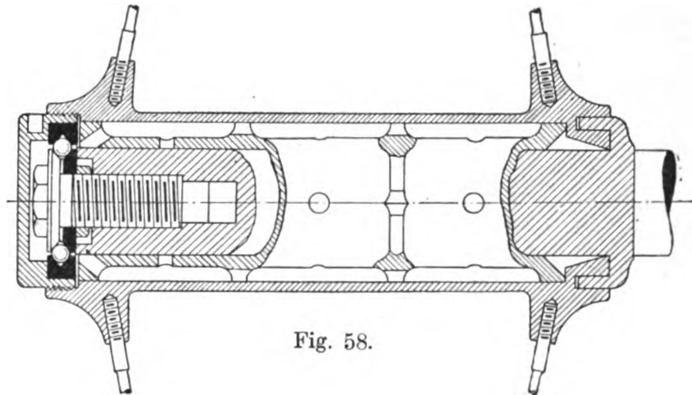

Fig. 58.

Fig. 59 zeigt die partielle Anwendung der Kugellagerung. Die Buchse der Radnabe umschliesst einen gewöhnlichen cylindrischen Achsschenkel, welche den Vertikaldruck aufzunehmen hat. Zur Aufnahme der Seitenstösse ist aussen an der Vorsteckseite ein kleines Kugellager k_1 angeordnet. Umgekehrt wird bei dem Drehzapfen der vertikale Druck durch ein Kugellager k_2 und der Seitendruck durch einen cylindrischen Drehzapfen c aufgenommen, welcher als besonderer Teil in die Lagerhülse eingesetzt ist. Diese Konstruktion stammt von der „Deutschen Automobil-Industrie, Friedrich Hering“ in Gera-Untermhaus.

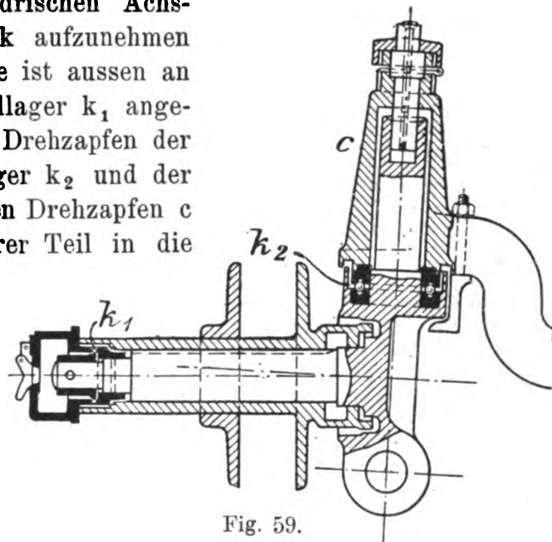
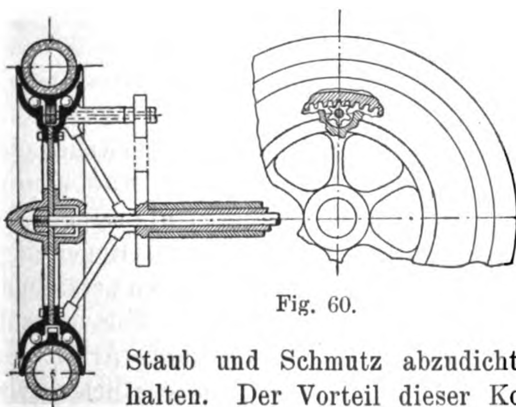


Fig. 59.

Fig. 60 zeigt ein in Kugeln laufendes mit Pneumatik-Reifen versehenes Rad amerikanischer Herkunft mit fester Nabe. Letztere ist mit den Speichen und der inneren Felge zusammen als ein festes Stück konstruiert. Zwischen dieser inneren Felge und dem die Gummi-Bandage tragenden äusseren Radkranz sind zur Verminderung der Reibung zwei Kugelreihen angeordnet. Da es sich hier um das Triebrad eines Motorfahrzeuges handelt, so wird die rotierende Bewegung, wie aus der Figur ersichtlich, mittels eines kleinen Triebes direkt auf den innen verzahnten äusseren Radkranz übertragen. Es dürfte schwer sein den Lagerraum der Kugeln gegen Staub und Schmutz abzudichten und stets genügend unter Öl zu halten. Der Vorteil dieser Konstruktion wird wahrscheinlich in der


Fig. 60.

gleichmässigen Verteilung des Raddruckes auf die grosse Kugelzahl und in der unmittelbaren Unterstützung desselben schon an der Felge zu suchen sein, so dass auf die Speichen eine drehende Beanspruchung nicht mehr entfällt. Da das Gewicht eines solchen Rades im Verhältnis zu einem mit gewöhnlichem Kugellager und Tangentspeichen ausgerüsteten Rade sehr hoch ausfällt, so dürfte es sich nur für ganz schwere Belastungen eignen, im Übrigen aber wenig Nachahmer finden.

3. Mehrreihige Kugellager.

Die Gründe für die Herstellung mehrreihiger Kugellager sind verschiedene. Bei einigen Konstruktionen wird beabsichtigt, die auf die einzelnen Kugeln entfallenden Flächendrücke herabzuziehen, wodurch gleichzeitig die Belastung der Konen und Lagerschalen vermindert wird. Bei anderen handelt es sich darum, für die vertikalen und seitlichen Druckkräfte getrennte Kugelreihen zur Aufnahme derselben zu schaffen. Wieder andere konstruieren Doppelkugellager, bei denen die sonst fest in der Buchse sitzenden Lagerschalen sich nochmals gegen aussenliegende Kugellager stützen, zum Zweck der Reibungsverminderung.

Für den Fall, dass die Herabziehung des Flächendruckes oder eine Trennung der vertikalen von der seitlichen Belastung angestrebt wird, kommt es darauf an, die Anordnung so zu treffen, dass dieser Zweck auch wirklich erfüllt wird und die sämtlichen Kugelreihen bei eintretender Belastung gleichzeitig anliegen, ohne dass die eine gezwungen wird, zeitweise die Funktionen der anderen mitzuübernehmen. Dass letzteres häufig eintritt, geht aus den nachstehenden Beispielen hervor.

Wird die Lagerschale nochmals in Kugeln gelagert (Doppelkugellager), so tritt zweifellos eine grössere Beweglichkeit zwischen den einzelnen Lagerteilen ein (vergl. z. B. Fig. 63 nachstehend). Welche Relativbewegungen jedoch nunmehr zwischen denselben stattfinden, und bis zu welchem Grade die Reibung hierdurch beeinflusst wird, entzieht sich jeder theoretischen Betrachtung, da hierbei zu viele Nebenumstände auftreten, welche ausschliesslich von der praktischen Ausführung und der Art des Versuches abhängen.

a) Mehrreihige Kugellager für Fahrräder.

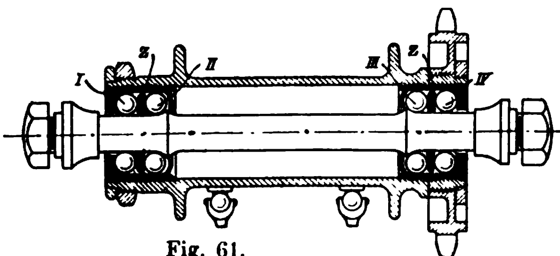


Fig. 61.

Fig. 61. Vierreihiges Kugellager der Bielefelder Maschinenfabrik vorm. Dürkopp & Co. Die sämtlichen vier Kugelreihen sind regulierbar durch Verstellung einer Lagerschale. Der vertikale Druck wird, exakte Arbeit vorausgesetzt, von sämtlichen vier

Kugelreihen aufgenommen. Bei Seitendruck der Achse, z. B. von links nach rechts (Reihe I nach IV) hin wirkend, treten die Kugelreihen I und II nicht in Thätigkeit, dagegen wirkt Reihe III durch die Zwischenscheibe Z auf Reihe IV, und letztere findet ihren Stützpunkt in der rechten Lagerschale.

Fig. 62 ist ein dem vorstehenden sehr ähnliches Lager der Firma Fichtel und Sachs, Schweinfurt. Statt der losen Zwischenscheibe Z jedoch ist hier die Achse mit einem festen Bund versehen, so dass auch der Seitendruck von zwei Kugelreihen zugleich aufgenommen wird. Jedoch ist hier die Regulierung der vier Kugelreihen weniger einfach als bei dem vorstehenden Lager. Es ist zu vermuten, dass bei der konischen Profilierung der Lagerteile ein gleichmässiges Anliegen sämtlicher vier Kugelreihen nur bei genauester Justierung möglich ist, da durch eine geringe Verschiebung der Achse verschieden grosse Berührungskreise der Lagerkonusse in Thätigkeit treten. Andererseits aber hat die Achse das Bestreben sich selbst einzustellen. Da nun die Beanspruchung des Lagers sich aus wechselnden vertikalen und Seitendruckkräften zusammensetzt, so ist die vorliegende Konstruktion, da sie die Druckkräfte unmittelbar aufnimmt, immerhin eine recht günstige.

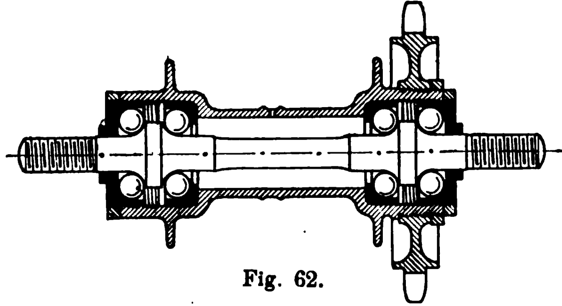

Fig. 62.

Fig. 63. Doppelkugellager der Rhenus-Fahrrad-Werke in Viersen. Hier soll nicht wie bei den vorstehenden Lagern der Druck auf die einzelne Kugel herabgemindert werden, sondern die zweite Kugelreihe hat den Zweck, das innere Auflager der Kugeln beweglich zu machen und dadurch die Reibung zu verringern. Die Bewegungsvorgänge zwischen den beiden Kugelreihen und der beweglichen Lagerschale sind bei den wechselnden Druckkräften ziemlich unbestimmbar, sodass der Vorteil der Konstruktion nur in der Beweglichkeit der Zwischenlagerschale zu suchen ist. Diese Anordnung begünstigt auch das Selbsteinstellen des Lagers den jeweiligen Beanspruchungen entsprechend. Die Justierung erfolgt durch Verstellen des einen Lagerkonus.

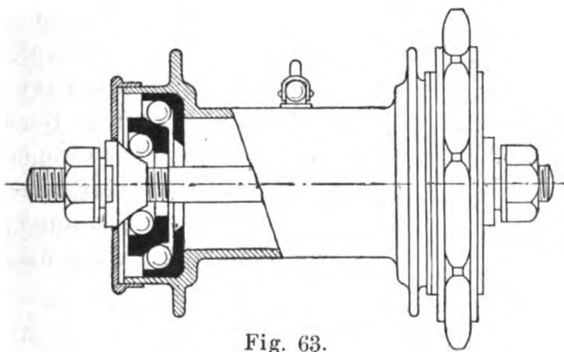

Fig. 63.

Fig. 64. Doppelkugellager der Cito-Fahrradwerke in Köln. Dieses dem vorstehenden ähnliche Lager unterscheidet sich von demselben jedoch wesentlich dadurch, dass die beiden Zwischenlagerschalen zu einer festen Nabe miteinander verbunden sind. So läuft ein vollständiges Kugellager in einem zweiten ebensolchen. Die Justierung der einzelnen Lager ist eine sehr einfache. Diese Konstruktion ist derjenigen Fig. 63 m. E. vorzuziehen.

Fig. 65. Dreireihiges Kugellager von Louis Davis, Rheindahlen. G. M. Nr. 122181. Hier läuft die Lagerschale mit einem entsprechend geformten Ansatz zwischen einer äusseren und einer inneren Kugelreihe I und II, während III die eigentliche tragende Kugelreihe zwischen Konus und Lagerschale ist. Es gehört jedenfalls genaueste Arbeit

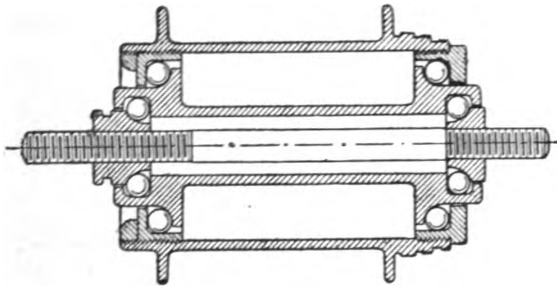


Fig. 64.

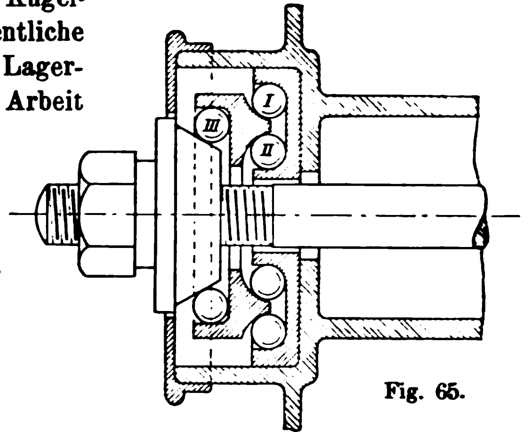


Fig. 65.

und Justierung dazu, um die sämtlichen drei Kugelreihen so einzustellen, dass die Reihen I und II gleichzeitig in Anspruch genommen werden, zumal ein gewisser Spielraum zwischen Kugeln und Berührungsfläche vorhanden sein muss. Soweit aus der Konstruktion ersichtlich, kommt jedoch für die Aufnahme des jeweiligen Lagerdruckes nur eine der beiden Kugelreihen I und II in Betracht, während die andere, nicht tragende Reihe dazu dient, die Zwischenlagerschale in ihrer Stellung zu erhalten.

Fig. 66 zeigt das Fahrradkugellager von Gust. Padel in Fürstenberg a. O. G. M. No. 126941, bei welchem zwecks Aufnahme der vertikalen Kräfte eine grössere Kugelreihe a und für die seitlichen Beanspruchungen eine zweite getrennte kleinere Kugelreihe b vorgesehen ist. Die Anordnung ist ausserdem eine derartige, dass diese

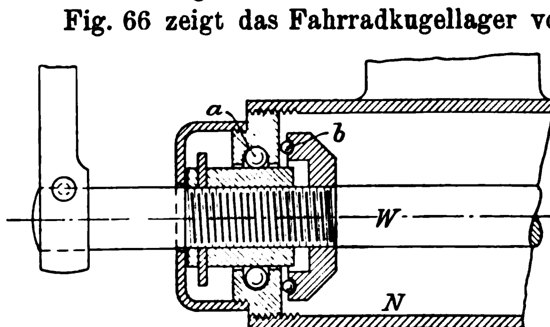


Fig. 66.

Kugelreihen ausschliesslich nur von denjenigen Kräften beansprucht werden können, für welche sie bestimmt sind, dass also auf die grosse Kugelreihe a niemals seitliche und auf die kleine Kugelreihe b niemals vertikale Belastung entfallen kann.

Fig. 67 ist ein beachtenswertes und gut durchdachtes Doppelkugellager der „Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken“ D. R. P. 106834. Zwischen den beiden Kugelreihen k, die ihre innere Lauf-

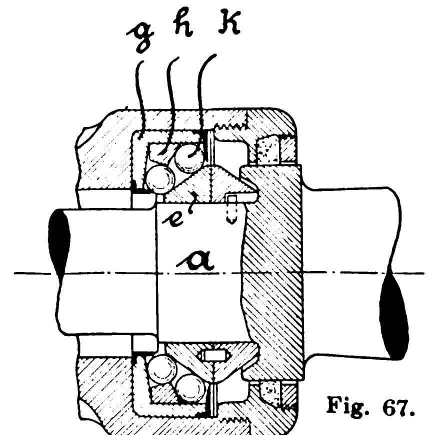


Fig. 67.

fläche auf dem mit dem Achsschenkel oder Zapfen a verbundenen Vollkegel e haben, liegt ein in der Schale g in der Längenrichtung verschiebbarer Druckausgleich-Ring h, dessen beide Hohlkegelflächen so gegen die Achse geneigt sind, dass sich auf beide Kugelreihen, welche sowohl auf h als auf g laufen, der Gesamtdruck der Belastung gleichmässig verteilt. Der Ring h muss nach beiden Seiten zu seiner Längsverschiebung soviel Spielraum haben, dass diese beabsichtigte selbstthätige Einstellung in der That stattfinden kann.

b) Mehrreihige Kugellager für Strassen- und Bahnfahrzeuge.

Diese Lager können auch eine allgemeinere Anwendung finden als nur für Fahrzeuge. Soweit dieselben für letztere in Frage kommen, müssen sie derartig konstruiert sein, dass sie den allseitig auftretenden Druckkräften widerstehen können, während andererseits Lager für Transmissionen, Hebewerkzeuge etc. meist eine einseitige Druckbeanspruchung haben.

Fig. 68 stellt ein Kugellager der Firma Foidat & Rosenthal in Brüssel dar. Zur Verteilung des vertikalen Druckes auf die ganze Zapfenlänge sind elf Kugelreihen neben einander angeordnet. Der seitliche Druck wird, wie aus der Figur ersichtlich, durch ein besonderes Kugellager aufgenommen. Letzteres ist in Anbetracht der starken seitlichen Stösse, denen jedes Rad eines Strassenfahrzeuges ausgesetzt ist, etwas klein ausgefallen. Wenn diese seitliche Lagerung den Seitenstössen auch genügend Widerstand bietet, so ist der Flächendruck auf die einzelne Kugel unter Umständen doch so gross, dass der Vorteil der Kugellagerung verloren geht, und derselbe Zweck mit einer einfachen Stossscheibe auch erreicht worden wäre. Im Übrigen ist das Lager gut nach aussen hin abgeschlossen. Zum Einbringen der Kugeln beim Montieren der Achse ist eine besondere Lagerhülse notwendig, welche über die Kugeln geschoben wird, bevor man die Achse in die Nabe hineinbringt. Auf diese Weise lassen sich die Kugelreihen leicht montieren.

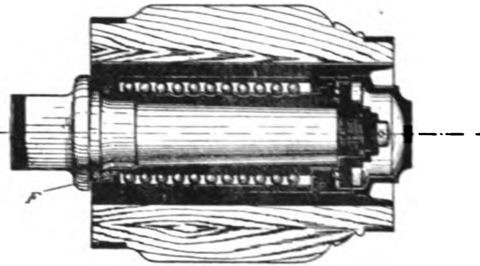


Fig. 68.

Fig. 69 zeigt ein ähnliches Lager der Muskegon Chemical Fire Engine Co.,

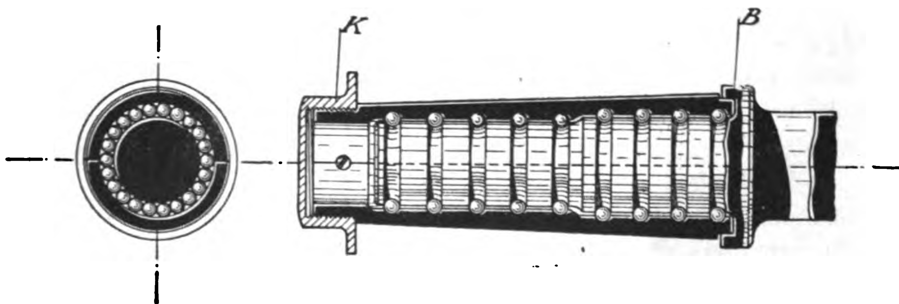


Fig. 69.

Muskegon, Mich. Da hier die Kugeln beiderseitig in Rinnen gelagert sind, wird gleichzeitig vertikaler und horizontaler Druck von den Kugeln aufgenommen. Die Lagerschalen sind hälftig konstruiert behufs Einbringung der Kugeln. Die Schalenhälften werden auf der einen Seite durch einen überspringenden Bund und auf der anderen durch eine aufgeschraubte Mutter zusammengehalten. Soweit aus der Figur ersichtlich, dürfte das Einbringen der Kugeln nicht ganz einfach sein. Eine Schmierung des Lagers ist nur nach Auseinandernehmen desselben möglich. Wieviel von den neun Kugelreihen thatsächlich arbeiten, hängt ganz von der exakten Ausführung des Lagers ab. Letzteres gilt übrigens auch von dem vorstehenden Kugellager. Fig. 68.

Fig. 70 ist ein ganz eigenartiges Kugellager, welches sich an den ersten Motordroschken der Stadt New-York für Drahtspeichenräder findet. Diese Räder

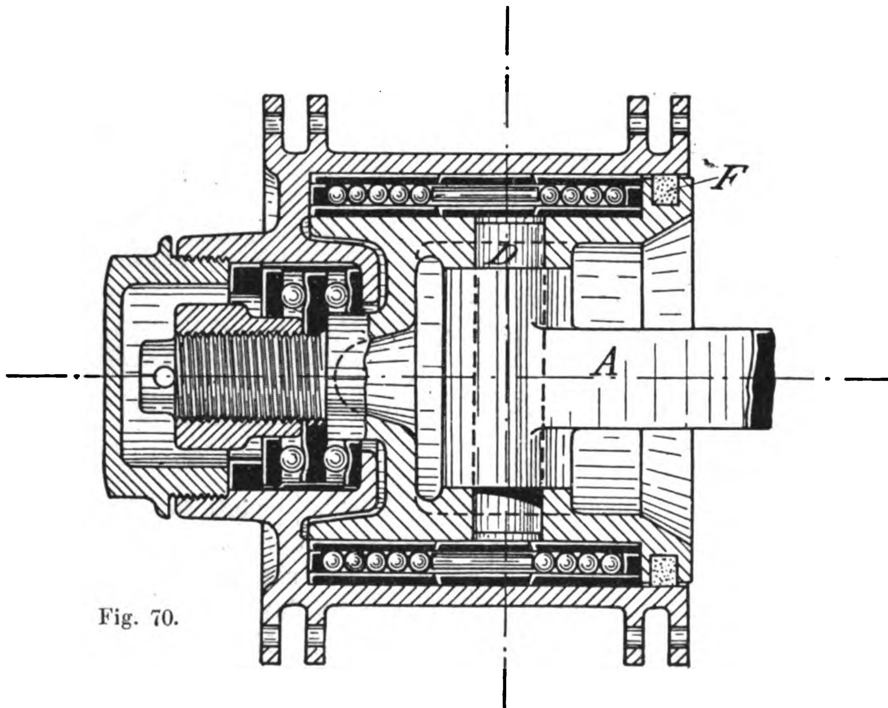


Fig. 70.

sitzen an der Vorderachse des Fahrzeuges und drehen sich behufs Lenkung um ihre vertikale Achse. Zu letzterem Zweck ist ein Drehzapfen D fest mit der Fahrzeugachse A verbunden, sodass sich das ganze Rad um D drehen lässt. Der vertikale Druck wird durch eine Reihe nebeneinander gelagerter Kugeln aufgenommen. Dieselben laufen zwischen zwei cylindrischen Lagerhülsen. Zur Aufnahme der seitlichen Druckkräfte dienen zwei seitlich, konaxial mit der Achse A angeordnete Kugelreihen zwischen Stahlscheiben. Das Lager ist durch einen Filzring F gegen Eindringen von Staub gesichert. Auch hier ist es fraglich, ob alle die nebeneinander gelagerten Kugelreihen auch thatsächlich zur Thätigkeit kommen.

Fig. 71 zeigt das Kugellager der Meeker Mfg. Co. in Dayton, Ohio. Fünf Kugelreihen nehmen gleichzeitig den vertikalen und horizontalen Druck auf. Die Lagerteile sind rillenförmig profiliert und scheinen die Krümmungsradien

dieser Rillen fast gleich denen der Kugeln zu sein bezw. nur sehr wenig grösser als diese. Die äusseren Lagerhülsen sind behufs Einbringens der Kugeln in einzelne Ringe getrennt. Ihre Lage wird durch eine kleine Druckschraube gesichert. F bedeutet die Filzabdichtung. Auch bei diesem Lager ist das gleichzeitige Anliegen sämmtlicher Kugelreihen nur durch feinste Arbeitsausführung und genaue Justierung zu ermöglichen. Bei der geringsten Verschiebung der äusseren oder inneren Lagerringe oder bei Ausdehnung des Achsschenkels oder geringer Lageveränderung der Nabe klemmen sich sämtliche fünf Kugelreihen fest. Dies kann um so leichter geschehen, als die rechte und linke Hälfte der Metallnabe von einander durch die eingesetzten Holzspeichen getrennt und nur durch Bolzen zusammengehalten sind. Eine so genaue Montage des Lagers, wie es die vorliegende Kugellagerung verlangt, dürfte kaum möglich sein.

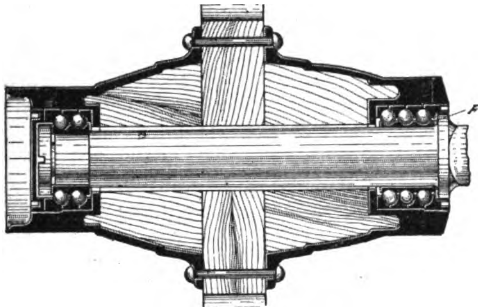


Fig. 71.

Fig. 72 und 73 ist D. R. P. No. 107026 von L. M. Rosenthal in Düsseldorf.

Die Kugeln nehmen nur den vertikalen Druck auf, während die seitlichen Stösse durch den federnd gelagerten Druckzapfen D aufgefangen werden sollen. Die innere Hülse A ist fest mit dem Achsschenkel C verbunden. Uber dieselbe sind die Ringe f geschoben, welche die einzelnen Kugelreihen von einander trennen. An der Stirnseite des Zapfens ist eine Stossscheibe B mit Lappen l, derart befestigt, dass sie sich gleichzeitig mit dem Zapfen dreht, aber in achsialer Richtung etwas verschiebbar ist, um ein selbstthätiges Einstellen der Ringe f und Kugelreihen g in achsialer Richtung zu ermöglichen.

Fig. 73 ist dasselbe Lager, nur noch mit kleinen Hülfskugeln g_1 versehen. Der Zweck der letzteren ist nach Ansicht des Erfinders eine Unterstützung der grossen Kugeln zur Verminderung der Reibung.

Wie viel von den 11 Kugelreihen zum An-

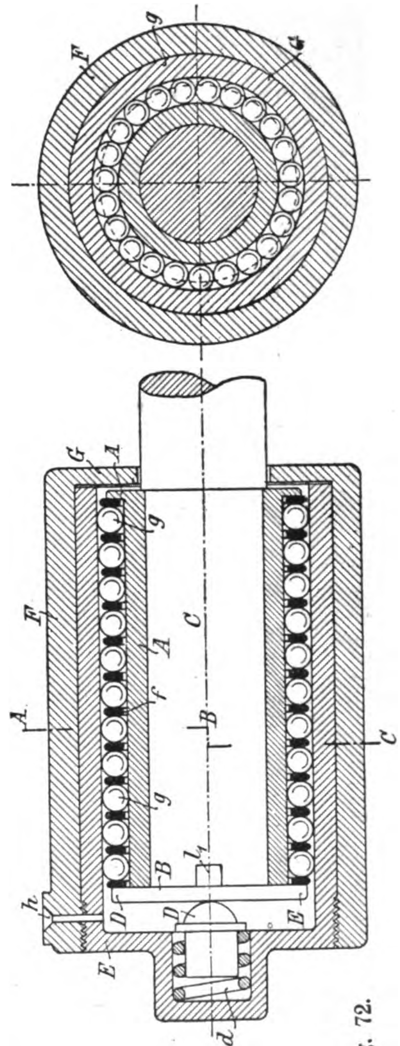
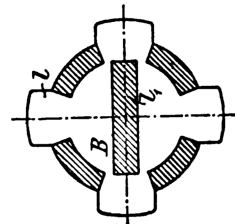
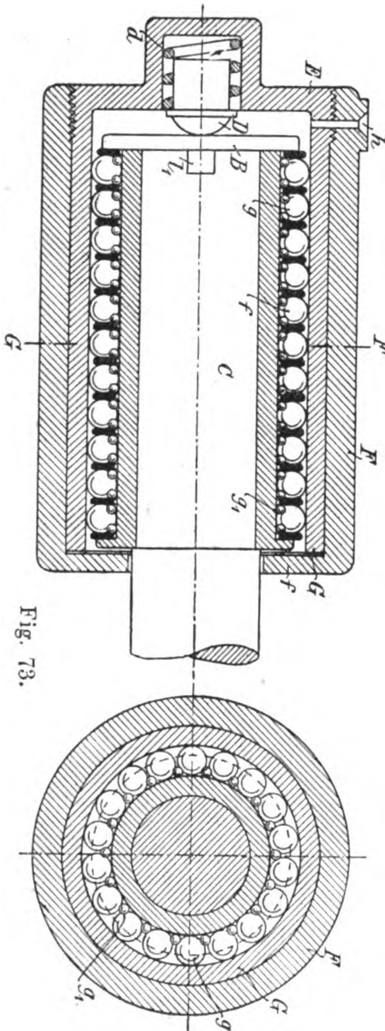


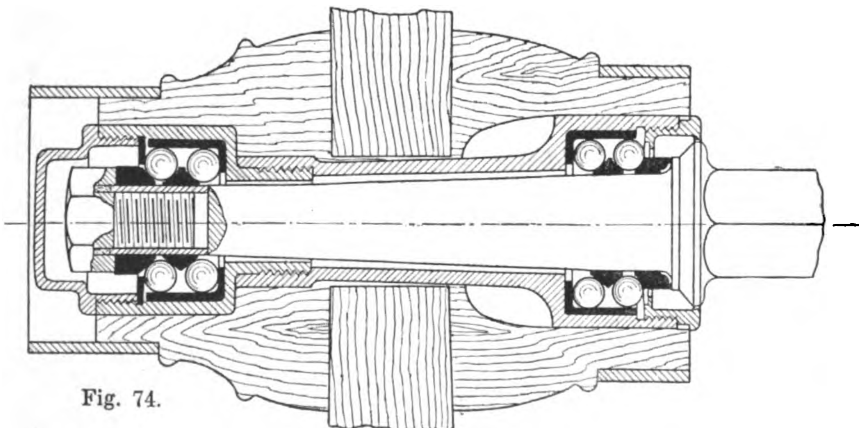
Fig. 72.





liegen und zur Bethätigung kommen, hängt auch hier ganz von der praktischen Ausführung des Lagers ab. Vermutlich jedoch werden nach kurzer Betriebszeit nur zwei Kugelreihen, und zwar diejenigen, die sich am widerstandsfähigsten erwiesen haben, die Hauptlast tragen. Nach Abnutzung derselben bezw. der dieselben berührenden Reibungsflächen treten dann ein paar andere Kugelreihen an ihre Stelle. Demnach liegt der Wert dieser und der vorstehend geschilderten Konstruktionen nicht in der Druckverteilung auf die verschiedenen Kugelreihen, denn ein gleichzeitiges Anliegen derselben findet m. E. nur in der Zeichnung nicht aber in Wirklichkeit statt, sondern in der vorhandenen Reserve an noch nicht abgenutzten Kugelreihen und Laufflächen. Eine Verkleinerung der Reibungsarbeit wird jedoch hierdurch nicht erreicht, sondern höchstens die Dauerhaftigkeit des Lagers gegenüber einreihigen Kugellagern etwas erhöht. Inwiefern die kleinen Hülfskugeln g_1, welche etwa die Grösse von Vogelschrot haben, ihren Zweck, zur Verminderung der Reibung beizutragen, erfüllen, ist ohne Weiteres nicht ersichtlich.

Fig. 74 ist das „Baker“-Kugellager der United States Ball-Bearing Co. in Washington, D. C. Die vier Kugelreihen nehmen gleichzeitig den seitlichen und den senkrechten Druck auf. Die sämtlichen Konusse sind auf dem Achsschenkel drehbar und verschiebbar, und ist es


Fig. 74.

daher möglich, mittels der in das Ende des Achsschenkels eingesetzten Druckschraube das gleichzeitige und gleichmässige Anliegen sämtlicher vier Kugel-

reihen zu bewirken. Die Kugeldurchmesser sind vorteilhaft gross gewählt, das Lager ist gegen Eindringen von Staub durch doppelte Filzringe gesichert. Das Schmieröl hat überall leichten Zutritt zu den Kugeln.

Fig. 75 zeigt das englische Patent No. 10771 von Bamberger in Witten a. Ruhr. Zweck dieser Konstruktion ist laut Patentschrift die leichte Verteilung der Reibung auf verschiedene Teile des Lagers. Die eigentlichen Laufkugeln sind die kleine Kugeln der äusseren Reihe. Der lose auf einer besonderen Kugelreihe aufgehängte Lagerring stellt sich stets so ein, dass die beiden äusseren Kugelreihen gleichmässig zur Anlage kommen. Wie sich diese Anordnung in der Praxis bewährt und ob durch den frei aufgehängten Lagerring bei gewissen Druckrichtungen nicht eine Vermehrung der Reibung eintritt, muss erst durch Versuche festgestellt werden. Vergl. auch Lager Fig 63 und 65.

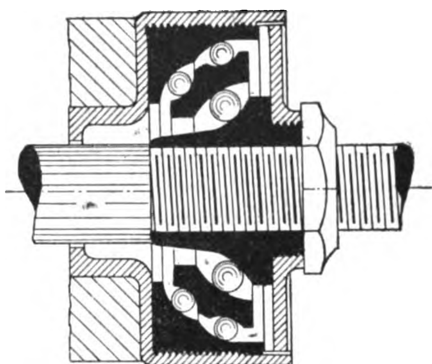


Fig. 75.

Fig. 76 ist ein Patent des Herrn M. Heydrich in Nürnberg und gehört streng genommen nicht zu den Doppelkugellagern. Denn der Anspruch lautet: „Ein Sicherheitskugellager, gekennzeichnet durch ein Reservekugellager, welches

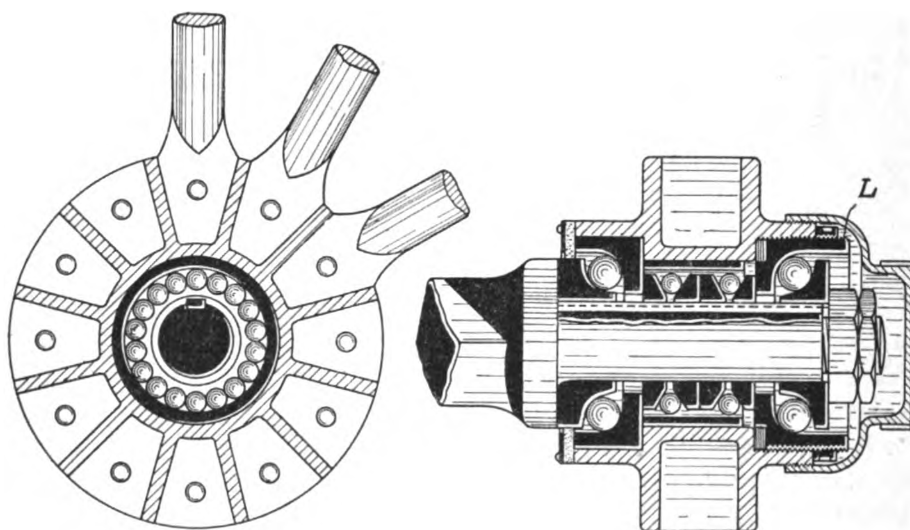


Fig. 76.

während der Benutzung des Hauptlagers ausser Thätigkeit ist und bei Beschädigungen des lesteren unter gleichzeitiger Ausschaltung desselben eingerückt werden kann.“ Nähert man den äusseren Lagerring L der Mitte der Nabe zu, so werden die beiden äusseren, grossen Kugelreihen ausser Thätigkeit gesetzt und durch Gegeneinanderschieben der konisch profilierten inneren Lagerringe die beiden inneren, kleineren Kugelreihen zum Anliegen gebracht. Bei der Verschiedenheit

im Durchmesser und der gegenseitigen Lage der beiden Paare von Kugelreihen ist ein eigentlicher Ersatz der äusseren Hauptkugeln durch die inneren Reservekugeln nicht vorhanden, und wird man stets bestrebt sein, das Hauptlager sobald als möglich wieder in Ordnung zu bringen. Ob überhaupt ein Bedürfnis vorliegt, ein Kugellager in dieser Weise reparieren zu können, muss bezweifelt werden.

Fig. 77. ist ein Kugellager des Verfassers, D. R. G. M. No. 120166. Dasselbe ist ein mehrreihiges Kugellager behufs Verminderung der spezifischen Belastung der einzelnen Kugeln und ist so konstruiert, dass sowohl bei vertikaler als auch seitlicher Beanspruchung sämtliche Kugelreihen unter allen Umständen gleichzeitig und gleichmässig arbeiten, selbst dann, wenn eine Abnutzung der Lagerteile oder ein Verziehen derselben infolge Härtens stattgefunden hat, oder auch, wenn dieselben ungenau gearbeitet sind. Zu diesem Zwecke ist der innere Konsus L

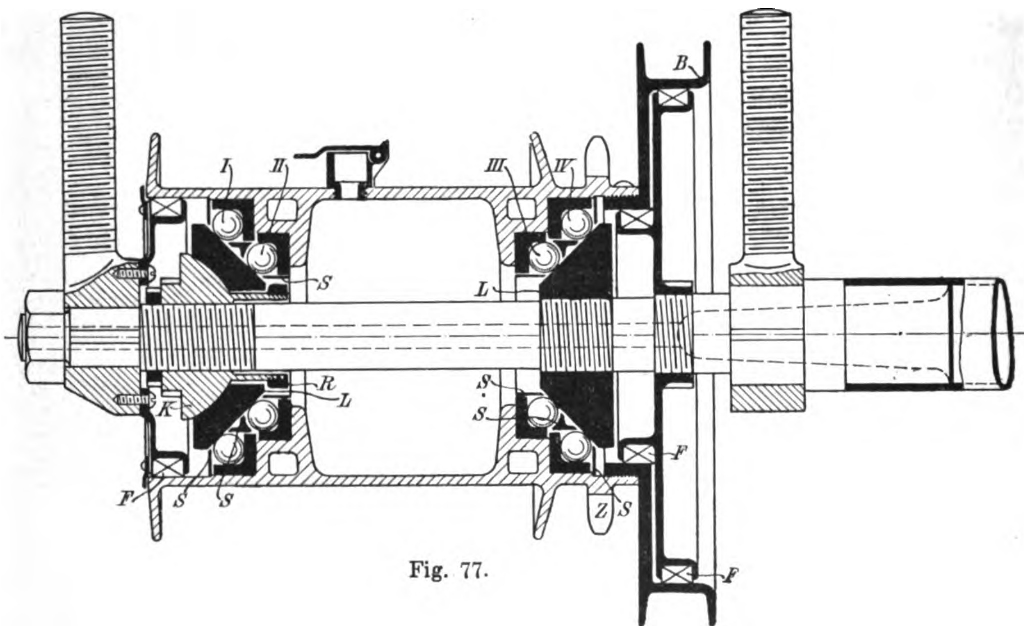


Fig. 77.

drehbar auf dem nach einer Kugelkalotte abgedrehten Teile K des Achsschenkels gelagert und wird durch eine Mutter R gehalten. Der Drehungsmittelpunkt liegt auf einer Senkrechten, welche man sich in der Mitte der beiden benachbarten Kugeln I und II errichtet denkt und zwar in dem Schnittpunkt dieser Senkrechten mit der Horizontalachse des Achsschenkels. Ist beispielsweise die Kugelreihe II so abgenutzt, dass zwischen diesen Kugeln II und dem Konus keine Berührung mehr stattfinden würde, so erzeugt der Druck der benachbarten Kugelreihe I ein Drehungsmoment, dessen Hebelarm gleich der halben Verbindungslinie I—II ist und welches den Konus der Kugelreihe II wieder zu nähern bestrebt ist. Es genügt, wenn der eine der beiden Konusse drehbar angeordnet wird, weil selbst bei einer Abnutzung der Kugelreihen auf der entgegengesetzten Seite sich der Achsschenkel mit dem festen Konus, sowie der bewegliche Konus sich entsprechend einstellen, bis sämtliche Kugelreihen wieder gleichmässig anliegen.

Aus der Figur ist ersichtlich, wie das Lager durch Filzeinlagen F gegen

Staub gesichert ist. Der an der Stossseite an der äusseren Nabe eingedrehte Ring B dient zur Aufnahme des Stahlbandes der Bandbremse. Z ist der Zahnkranz für den Kettenantrieb.

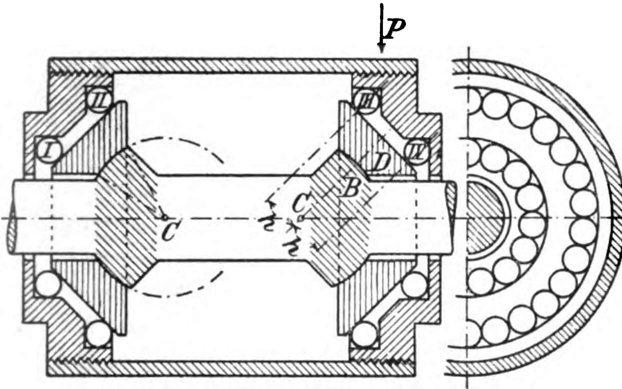


Fig. 78.

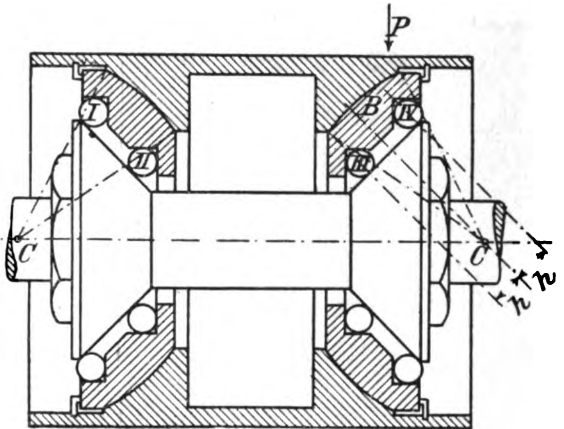


Fig. 79.

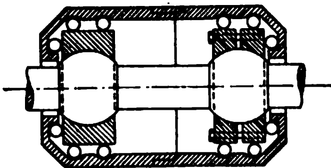


Fig. 80.

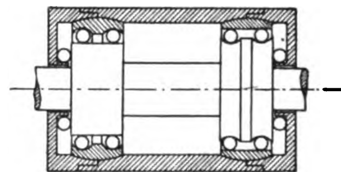


Fig. 81.

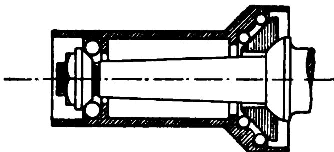


Fig. 82.

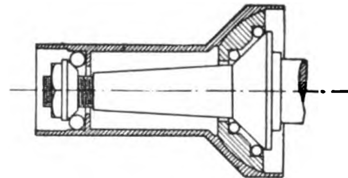


Fig. 83.

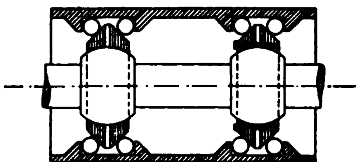


Fig. 84.

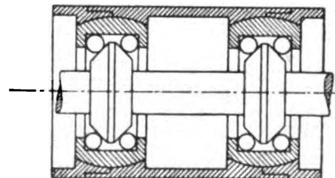


Fig. 85.

Weitere Anwendungsformen des vorliegenden Konstruktions-Prinzipes und G. M. finden sich in den Figuren 78—85 schematisch dargestellt.

Fig. 86 zeigt das vorliegende Prinzip des selbst einstellbaren Doppelkugellagers auf die Vorgelegewelle eines Automobilfahrzeuges angewandt. Es ist nur

das Ende der Welle mit dem Kettenrad gezeichnet, an dem anderen Ende befindet sich ein gleiches Lager. Der auf die Achse aufgeschobene Kugelring K trägt die um denselben drehbaren Lagerringe L, welche hälftig konstruiert sind und durch zwei Bolzen zusammen gehalten werden. Diese Bolzen werden so fest angezogen, dass eine Drehung der Lagerringe L um den Körper K in der Zeichnungsebene eben noch möglich ist. Sicherungsringe S schützen die Kugeln vor dem Herausfallen beim Montieren. Die Regulierung des Lagers geschieht durch Drehung der äusseren Verschlusskapsel, welche gleich derjenigen der bereits erwähnten Äoluslager konstruiert ist. Auf der anderen Seite befindet sich eine Filzabdichtung F gegen Staub.

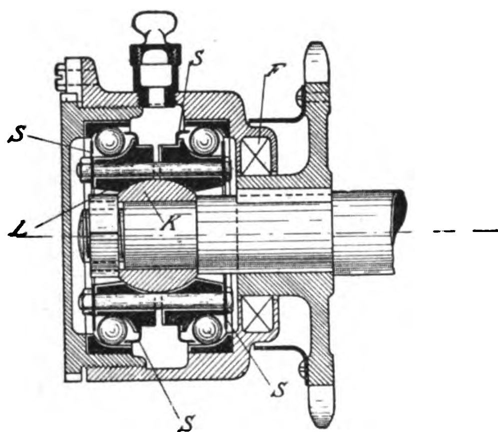
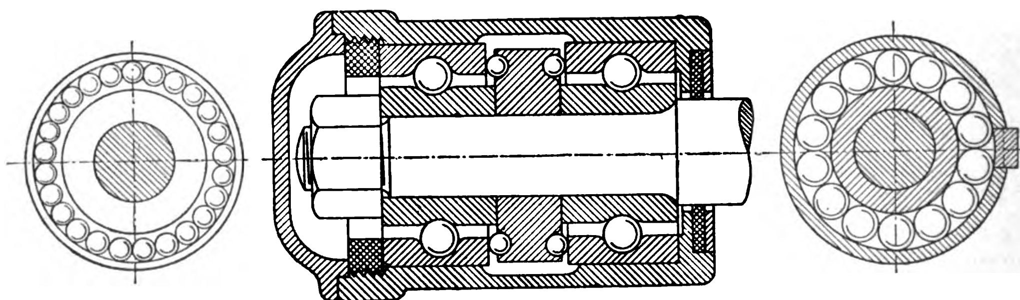


Fig. 86.

Fig. 87 zeigt ein Kugellager der Züricher Strassenbahn von H. Schuppisser Zürich.*)

Zur Aufnahme des vertikalen Druckes sind grosse (19 mm) Kugeln und für den Seitendruck kleinere (12 mm) Kugeln angeordnet. Die äusseren Lagerringe haben Öffnungen (vergl. den rechtsseitigen Querschnitt) zum Einbringen der Kugeln, welche mit einem Deckel verschlossen werden. Letzterer greift gleichzeitig in eine Aussparung des Lagerkörpers ein und verhindert so das Drehen des Lagerringes. Diese Lager sind seit 1896 im Gebrauch und sollen sich gut bewährt haben. Vorgenommene Versuche ergaben, das Wagen mit Kugellagern auf ebener Strecke eine Zugkraft von 15,6 kg und mit gewöhnlichen Lagern eine solche von 27,26 kg benötigten, so dass eine Ersparniss von 42,6% erzielt wurde.


Fig. 87.

Weitere während des Betriebes ausgeführte Versuche von Roman v. Podoski ergaben als Zugwiderstand pro Tonne auf wagerechter Strecke:

*) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure vom 22. April 1899, S. 466.

	Kugellager	Gewöhnliches Lager
Centrale Zürichbergbahn, unbelastet	12,3 kg	16,7 kg
do. do. belastet	13,7 „	23,6 „
Strassenbahn Zürich-Oerlikon-Seebach	— „	16,1 „
Industriequartier-Strassenbahn	12,27 „	— „
Städtische Strassenbahn	22,8 „	17,3 „

Die ungünstigen Ergebnisse der städtischen Strassenbahn hatten ihre Ursache in dem schlechten Zustande der Kugellager. Im Ganzen haben hier die Kugellager eine Kraftersparniss von 30—35% ergeben.

4. Kugellager für Wellen anderer Maschinengattungen.

Fig. 88 reiht sich an die im Vorstehenden beschriebenen mehrreihigen Kugellager an. Dasselbe ist als D. R. G. M. No. 91 953 von Schiffers in M.-Gladbach angemeldet. Zum gleichzeitigen Anliegen sämtlicher Kugelreihen ist durchaus genaue Arbeit erforderlich. Dasselbe kann Anwendung finden für Lager- oder Transmissionswellen u. s. w.

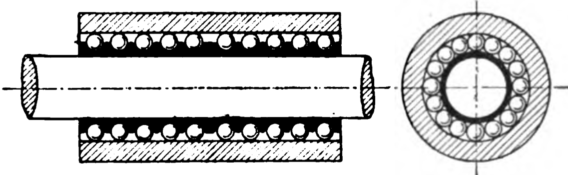


Fig. 88.

Fig. 89 u. 90 ist D. R. P. No. 85 346 von H. Meyer & Co. in Düsseldorf. Die Kugeln liegen in zwei parallelen Rinnen, welche an den Enden mit einander in Verbindung stehen, so dass die Kugeln in einer in sich geschlossenen Schleife laufen. Die eine Rinne ist, wie aus dem Querschnitt Fig. 90 ersichtlich, etwas tiefer als die andere, sodass nur die höher liegenden Kugel tragen. Zweck dieser Konstruktion ist, die Kugeln zum Durchlaufen der Schleife zu zwingen, um stets neue Berührungsflächen der Kugeln mit der Welle zu erhalten und so die Abnutzung der Kugeln zu vermindern.

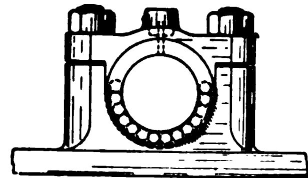


Fig. 89.

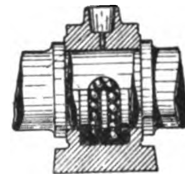


Fig. 90.

Fig. 91 — 96 stellen Kugellager der Firma L. Silberstein Söhne, Schwiebus, und der von dieser vertretenen Auto-Maschinery Co. Ltd., Coventry, dar, welche für Dreschmaschinen, Transmissions-, sowie Maschinenwellen aller Art Verwendung finden. Die glasharten Stahlkugeln laufen zwischen gehärteten Gussstahlschalen und einer gehärteten Stahlbuchse, welche über die betreffende Welle gestreift und mit dieser durch Feder oder Schraube verbunden wird. Regulierung der Kugeln von aussen. Fig. 95 ist für seitliche Beanspruchung berechnet, während Fig. 96 ein Kugellager nach System Sellers darstellt und den gleichen Zweck erfüllt, wie das selbst einstellbare Kugellager Fig. 77 des Verfassers.

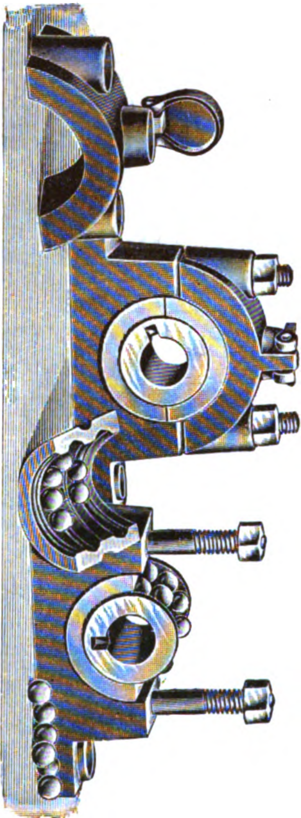


Fig. 92.

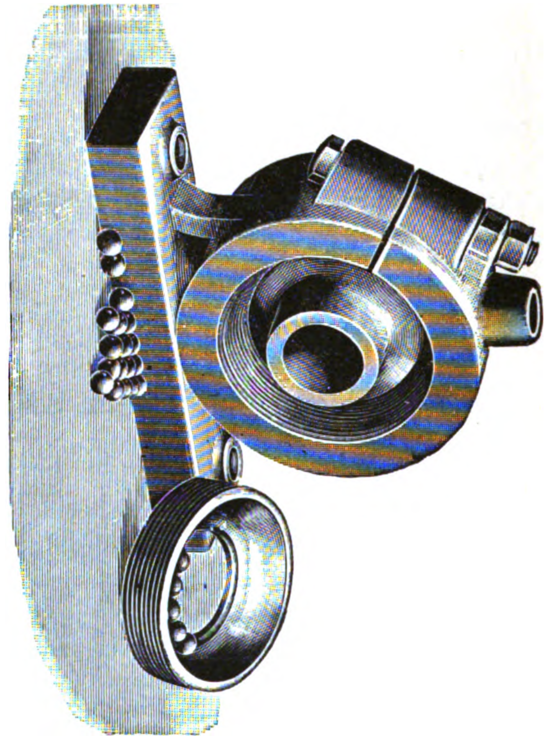


Fig. 91.

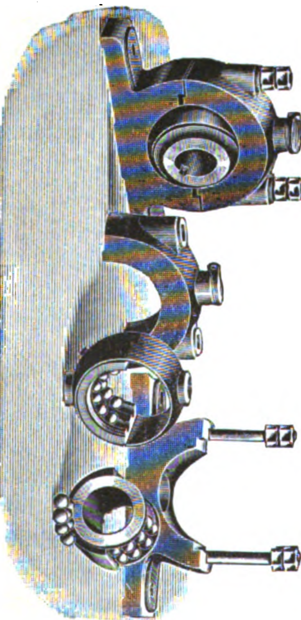


Fig. 96.

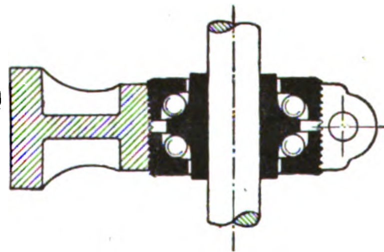


Fig. 94.

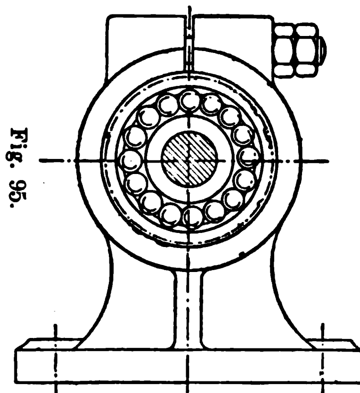


Fig. 95.

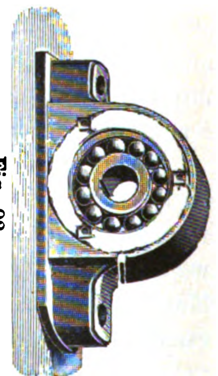


Fig. 93.

Fig. 97—101 zeigen Kugellager derselben Firma für Laufrollen, Flaschenzüge und Schiebethüren, Fig. 102 und 103 solche für Krahnhaken, während Fig. 104



Fig. 97.



Fig. 98.

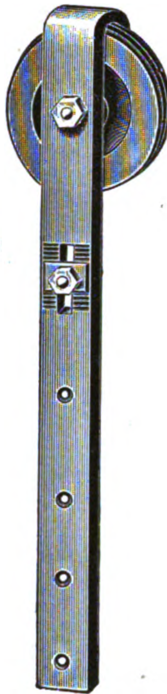


Fig. 99.



Fig. 100.

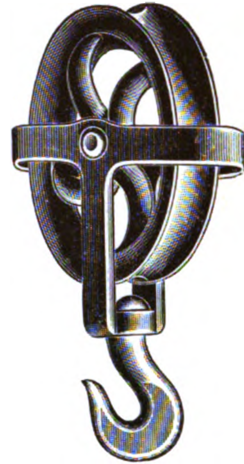


Fig. 101.

die Anwendung von Kugellagern bei Handbohr- und Centrier-Apparaten, und Fig. 105 und 106 ein Spurzapfen-Kugellager darstellen.

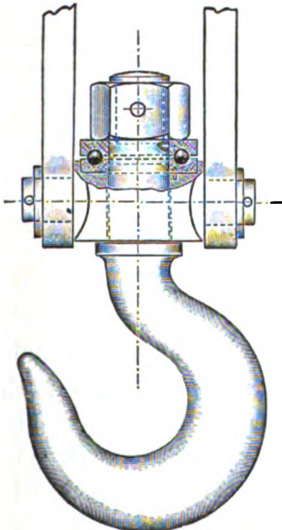


Fig. 102.

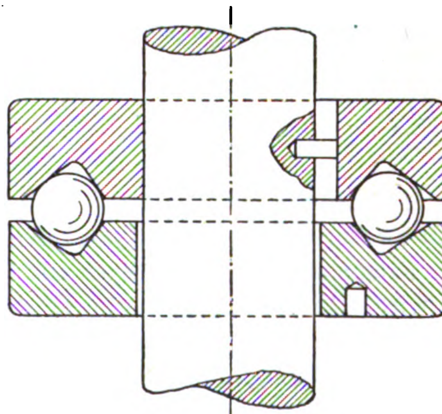


Fig. 103.

Im Anschluss hieran seien noch weitere Spurzapfen-Kugellager aufgeführt. Fig. 107 und 108 sind in der Praxis viel angewandte Spurlager der A.-G.

der Holler'schen Carlshütte bei Rendsburg, konstruiert vom Direktor W. Meyn dieser Gesellschaft und unter No. 83117 in Deutschland patentiert.

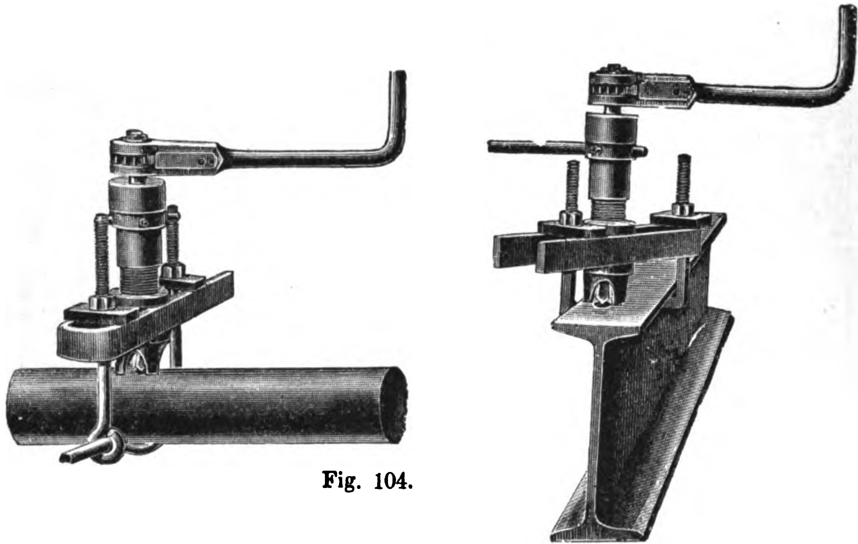


Fig. 104.

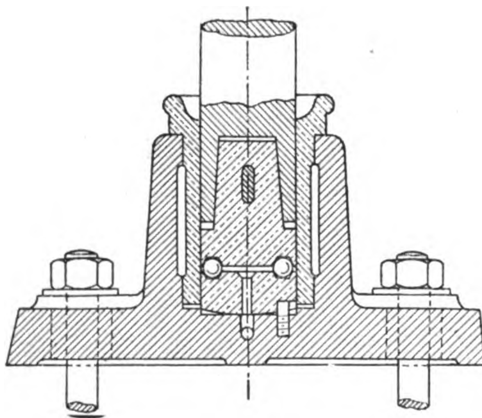


Fig. 105.

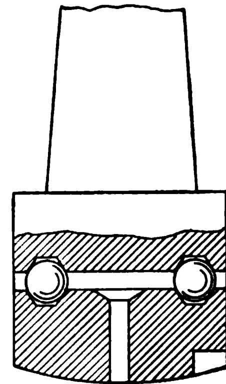


Fig. 106.

Fig. 107 ist für eine Last von 23 bis 40 kg, Fig. 108 für eine solche von 66 bis 80 kg berechnet. Der Spurzapfen a und die Spurpfanne b haben verschiedene Krümmungsradien, so dass ein Hinausschleudern der beiden Kugeln c verhütet wird. Diese Kugeln berühren den Zapfen bezw. die Pfanne nur in je einem Punkte und beschreiben Kreise, deren Ebene senkrecht zur Drehachse des Zapfens stehen. Die Pfanne ist auf einen Gummipfropfen d gelagert. Für ausgiebige Schmierung ist Sorge getragen. Die ursprüngliche Anwendung von zwei übereinander laufenden Kugeln hat sich nicht bewährt, da der Flächendruck so stark war, dass Erhitzung eintrat und die beiden Kugeln mit dem Zapfen und der Pfanne zu einem Stück zusammenschweissten. Diese Kugellager finden eine

ausgiebige Anwendung bei Centrifugen, woselbst sie einer hohen Tourenzahl (bis 8000) ausgesetzt sind.

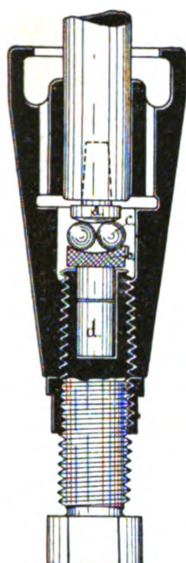


Fig. 107.

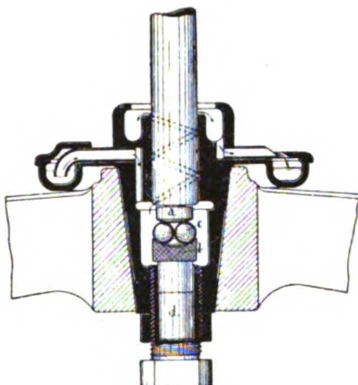


Fig. 108.

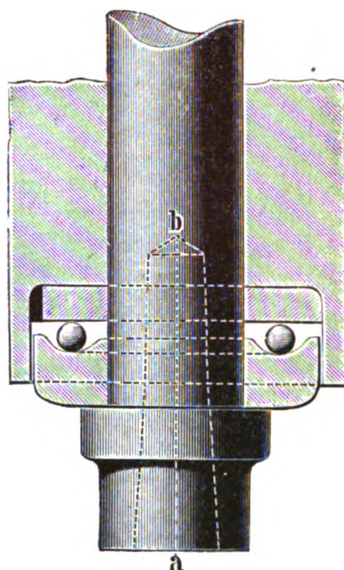


Fig. 109.

Fig. 109 ist ein Kugellager für vertikale Achsen der schon in der Einleitung erwähnten Firma H. Meyer & Co. in Düsseldorf, welches sich in der Praxis gut bewährt hat. Hier ist die Spurpfanne der vorangehenden Konstruktionen zu einem Kranzlager erweitert, wodurch der Druck auf eine grössere Fläche und grössere Kugelzahl verteilt wird (vergl. auch Fig. 102 u. 103).

Das Thürfischband mit Kugellager Fig. 110 von Wilhelm Hegenscheid, G. m. b. H. in Ratibor, ist nach demselben Grundsatz konstruiert.

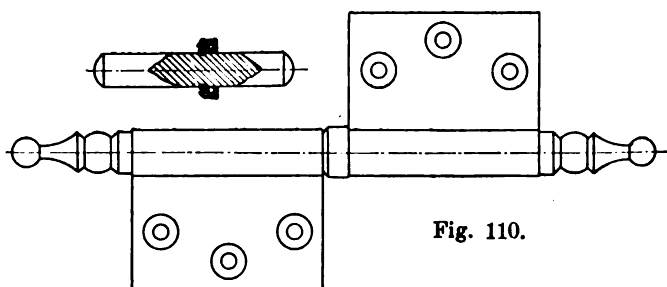


Fig. 110.

Fig. 111 bezeichnet sich als ein kegelförmiges Spurlager mit Rollkugeln, konstruiert von Eduard Theisen in Baden-Baden, D. R. P. Der äussere Kegelteil ist an seiner Kugellauffläche glatt, der innere jedoch mit Nuten zur Aufnahme der Kugelreihen b versehen. Die Gestaltung der Nuten ist laut Patentanspruch eine derartige, dass sie „je zwei Laufbahnen für die verschiedenen Kugelreihen in der Weise bilden, dass die Abstände der beiden Bahnen von der Achse für jede Kugelreihe gleich sind". Es sind also die Abstände A B und C D der

beiden Berührungspunkte B und D der Kugel mit den Nuten (die Laufbahnen) einander gleich.

Im Anschluss an das unter 3 b bereits genannte Doppelkugellager Fig. 86 seien noch eine Reihe ähnlicher Konstruktion hier angeführt.

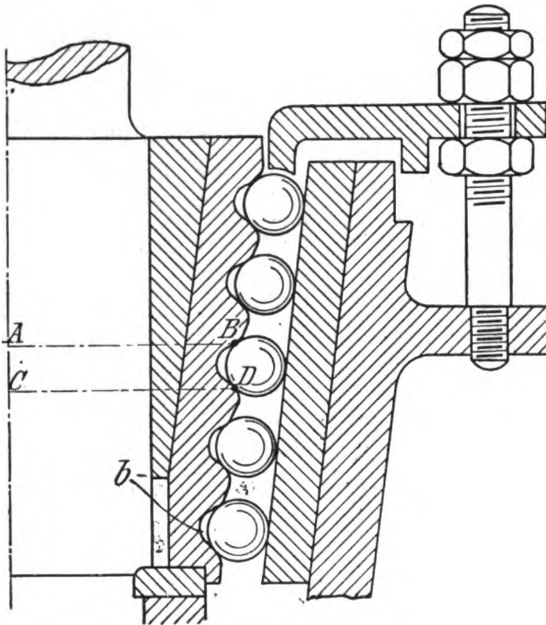


Fig. 111.

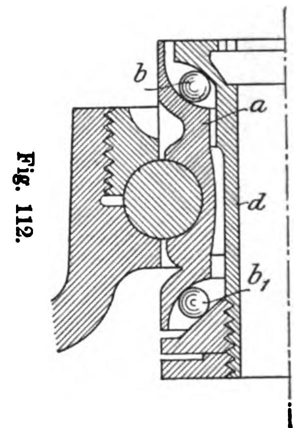


Fig. 112.

Fig. 112. G. M. No. 127834 von Gebr. Hindrichs in Barmen: „Kugellager aus einer im Gestell elastisch gestalteten Lagerhülse (a) und einer in dieser einerseits oder beiderseits durch Kugeln (b bezw. b[1]) gestützten Buchse (d) zur Aufnahme der Welle.“

Fig. 113. G. M. No. 126824 von C. B. Bauer in Grossbothen i. S.: „Wellenlager mit in Kugeln laufender Buchse (a) dadurch gekennzeichnet, dass die Lauffläche b der Buchse a kugelförmig gestaltet ist, um eine Beweglichkeit der Welle im Lager wie bei Seller's-Lagern zu erzielen.“

Fig. 114. D. R. P. No. 103821. „Kugellager. P. Mehlhose, Frankfurt a. M. Die Welle a ist mit einem abgestumpften Kegel d versehen, nach dessen

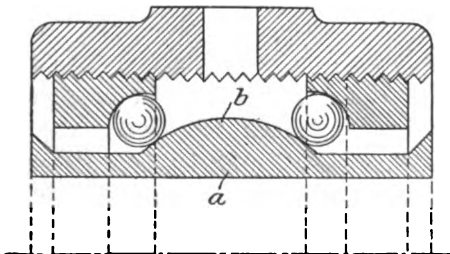


Fig. 113.

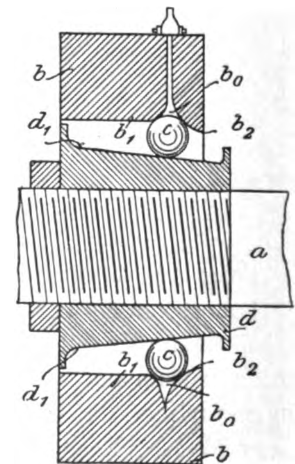


Fig. 114.

Linksverschiebung die Kugeln c zwischen dem Mantel d_1 und der Lauffläche b_1 des Lagers b herausgenommen werden können, wobei die an d angebrachten Flansche das Herausfallen nach hinten verhindern. Die Laufbahn der Kugeln im Lager ist als doppelt gewölbte Rinne b_1 ausgebildet, deren Teil b_2 das unbeabsichtigte Herausfallen der Kugeln beim Einlegen verhindert."

Fig. 115. D. R. P. No. 104642. Kugellager der Deutschen Waffen- und

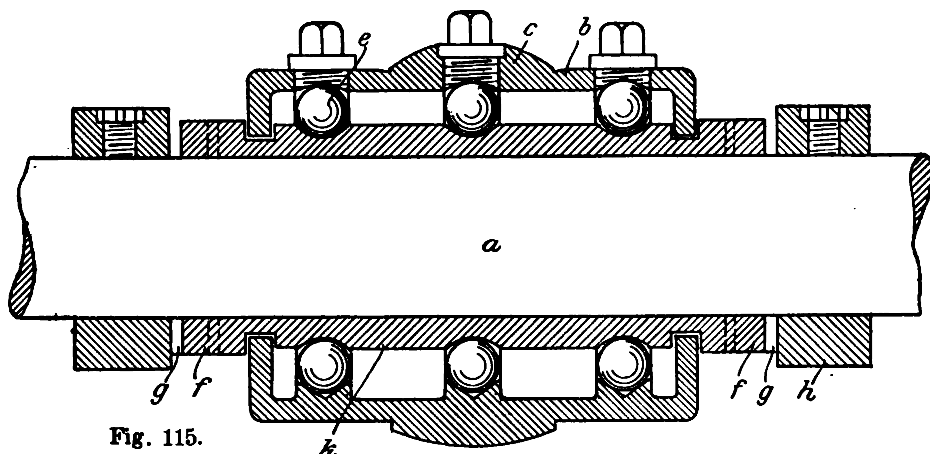
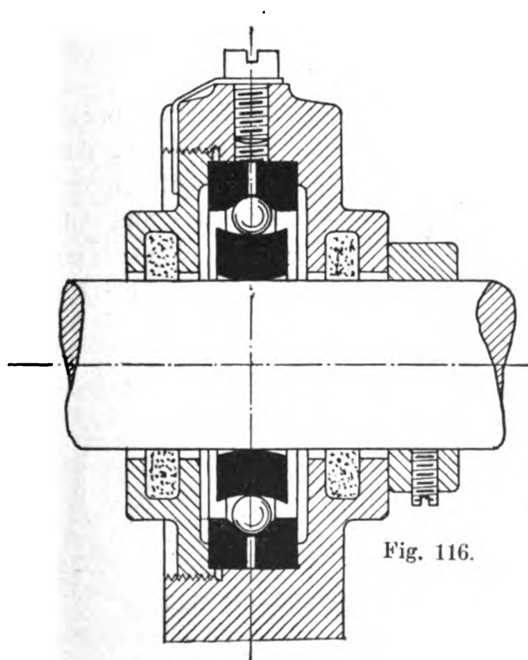
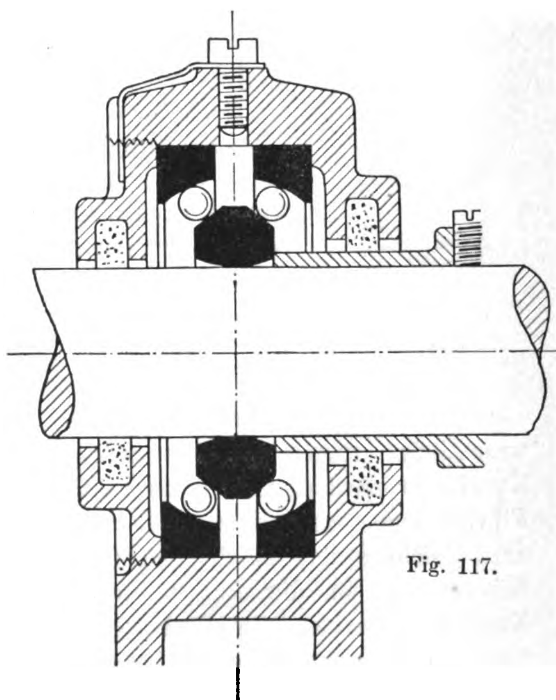


Fig. 115.

Munitionsfabriken, Berlin. „Damit das bei c wie ein Sellerssches Lager gestaltete Kugellager b der Welle a zwecks selbstthätiger Einstellung ausser der Schwingungsbewegung auch eine Längsbewegung gestatte, ist die aussen mit Laufrillen für die Kugeln e versehene Hülse k verschiebbar auf a angeordnet und greift mit


Fig. 116.


Fig. 117.

Kupplungszähnen f so in Zähne g der Stellringe h, dass in der Achsenrichtung Spielraum bleibt.“

Fig. 116. G. M. No. 121 110 derselben Firma: „Kugellager für Vorgelege etc., bei welchem die auf der Welle anliegende Fläche des inneren Laufringes nach aussen gekrümmt (ballig) ist, um eine gewisse Beweglichkeit des Lagers in Bezug auf die Welle zu ermöglichen.“

Fig. 117. G. M. 121 107 derselben Firma: „Kugellageranordnung für Vorgelege etc. mit einem bis an den inneren Laufring in das Lager hinein sich erstreckenden Stellring zum Zwecke, die Verschiebung des erwähnten Laufringes nach der betreffenden Seite zu verhindern.“

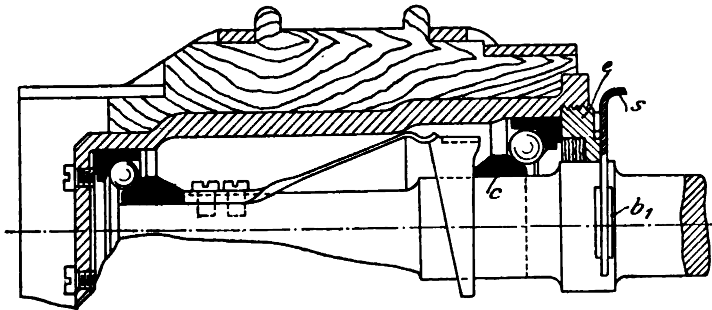


Fig. 118.

Fig. 118. D. R. P. dertelben Firma betitelt:

„Eine Vorrichtung zum Zusammensetzen von Kugellagern mit selbstthätigem unter Federdruck stehendem Nachzugskeil, gekennzeichnet durch einen auf die Achse aufschiebbaren Schieber (s), welcher in entsprechende Quernuthen (b_1) der selben greifend, ein Verschieben des Schlussringes (e) bezw. des Lagerkegels (c) durch die Einwirkung der Feder auf den Achsschenkel hindert und zugleich vermittels einer in den Schlussring greifenden Nase (s) den letzteren gegen Drehung sichert, zum Zwecke, ein Verschrauben der Nabe mit dem Schlussring zu ermöglichen.“

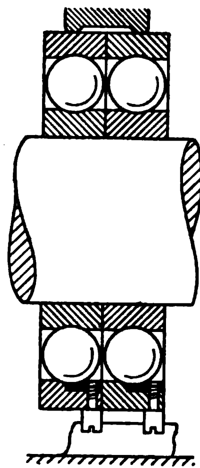

Fig. 119.

Fig. 119. D. R. P. derselben Firma mit dem Anspruch: „Kugellaufring für Kugellager, dadurch gekennzeichnet, dass durch einen inwendig bis zur Kugellaufrille und seitlich nach aussen reichenden Ausschnitt eine Lücke zum Ein- und Ausfüllen der Kugeln geschaffen ist, die mittels eines eingefügten, durch eine Schraube zu befestigenden Füllstückes verschlossen werden kann.“

Derartige Einrichtungen, welche das Ein- und Ausbringen der Kugeln in die Lager erleichtern, sind sehr wesentlich, zumal das Zusammensetzen mancher Kugellager überhaupt nur unter Zuhilfenahme solcher Einrichtungen ermöglicht wird. Man kann hierbei auch leichter das Eindringen von Staub und Unreinigkeiten in die Lager gleichzeitig mit den Kugeln vermeiden. Als demselben Zweck entsprechende Hilfsmittel sind bereits eingangs die sogen. Sicherungsringe angeführt worden. Auch

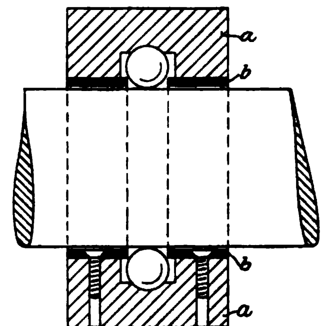


Fig. 120.

durch Rohrhülsen kann dieser Zweck erreicht werden, wie sich aus der vorstehenden Fig. 120 ergiebt. Dieselbe ist ein G. M. Nr. 127379 der „Ersten Automatischen Gussstahlkugelfabrik, vorm. Friedrich Fischer A. G. Schweinfurt" und betitelt sich: „Kugellager, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagerschale (a) mit zu beiden Seiten einer Kugellaufrinne angeordneten, die Kanten der letzteren etwas übergreifenden Schutzhülsen (b) versehen ist, welche ein Herausfallen der Kugeln während des Aushebens der Achse aus den Lagern verhindern."

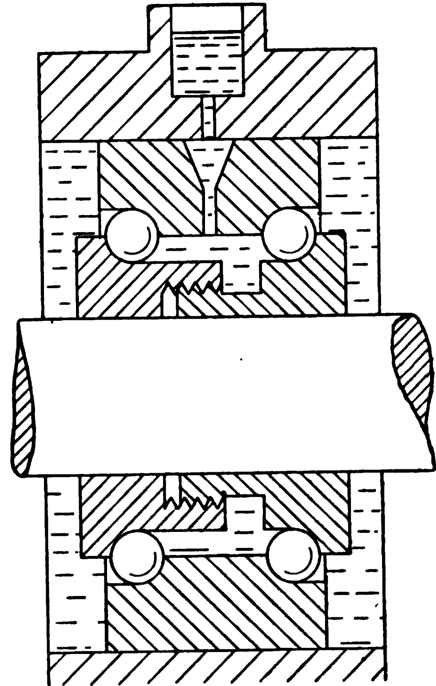

Fig. 121.

Fig. 121. G. M. Nr. 126082 von Max Voigt in Vetschau betitelt sich „Kugellager, dadurch gekennzeichnet, dass der äussere Kugellaufring lose und achsial verschiebbar in dem Lagergehäuse angeordnet ist, und durch Keile und Klemmschrauben in seiner jeweiligen Lage gesichert ist." Der Zweck dieser Einrichtung ist darin zu suchen, dass für gewisse Wellen (Transmissionen etc.) eine Veränderung der Lagerstelle in kleinen Grenzen erforderlich ist und vorgenommen werden soll, ohne den äusseren Lagerkörper (Lagerstuhl) verändern zu müssen.

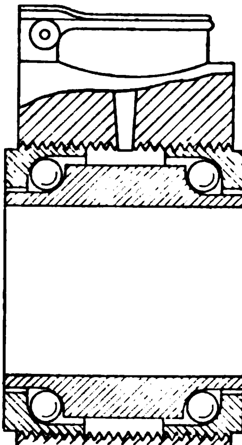

Fig. 122.

Fig. 122. G. M. Nr. 125955 von Gebr. Bothe, Hagen i. W. schliesst sich den bei den Fahrrädern bereits behandelten Äolus-Lager-Systemen an, und sei hier nur der Vollständigkeit wegen aufgeführt, da die Konstruktion im Übrigen nichts Neues bietet.

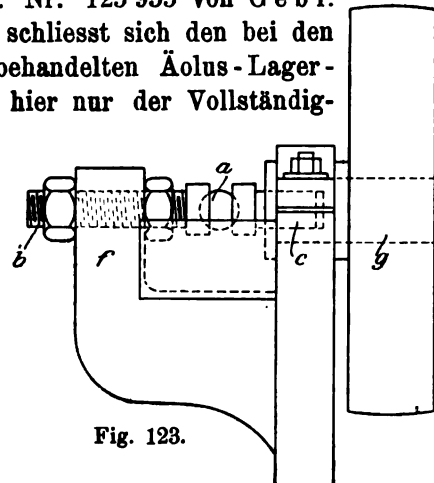


Fig. 123.

Für Drehbänke kann die Verwendung der Kugellager eine mehrfache sein und können dieselben überall da Anwendung finden, wo die Reibung zwischen gegeneinander drehenden Teilen vermindert werden soll.

Fig. 123 zeigt z. B. die Verwendung der Kugellagerung am Spindelstock, woselbst die Kugel (a) als Zwischenglied zwischen dem festen Widerlagerbolzen b und der Spindel c angebracht ist. Diese Konstruktion rührt her von Louis Schüler in Göppingen (G. M. Nr. 124630). Die Kugel verhindert auch ein Fest-

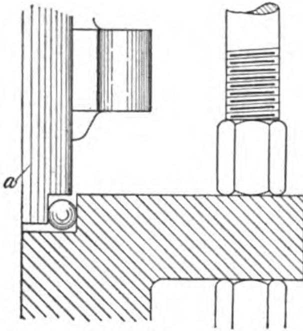


Fig. 124.

fressen der Spindel, falls die Lager nicht genau centrisch ausgebohrt sind, da sie seitlich eine gewisse Beweglichkeit gestattet.

Fig. 124. (G. M. Nr. 126763 von Pfitzner & Müller in Leipzig-Volkmarsdorf) hat denselben Zweck, denn es betitelt sich: „Flanschenkugellager als Gegenspitze für Drehbankspindelstock-Wellen." Die Widerlager-Körnerspitze ist also hier nicht durch eine einzige Kugel, sondern durch eine Flanschenscheibe (a) ersetzt, welche sich gegen einen Kugelkranz legt.

Letztere Konstruktionsmethode ist in Fig. 125 an einem Drehbank-Spindelkasten der Firma Albert Kryszat & Co. Berlin N. in sehr sinnreicher Weise durchgeführt. Der auf die Körnerspitzen lastende achsiale Druck wird durch den am hinteren Spindellager b angebrachten Kugelkranz a aufgenommen. Es sind hier 33 Stück Stahlkugeln von $^5/_{16}$" Durchmesser eingelegt, bei einem Spindelzapfen-Durchmesser von 60 mm in der konischen Lagerhülse b, bezw. 29 Kugeln von $^1/_4$" Durchmesser bei 38 mm Zapfendurchmesser. Die Kugeln laufen in einer gut gehärteten Stahlpfanne, welche fest auf die metallene konische Lagerhülse aufgeschraubt ist. Letztere

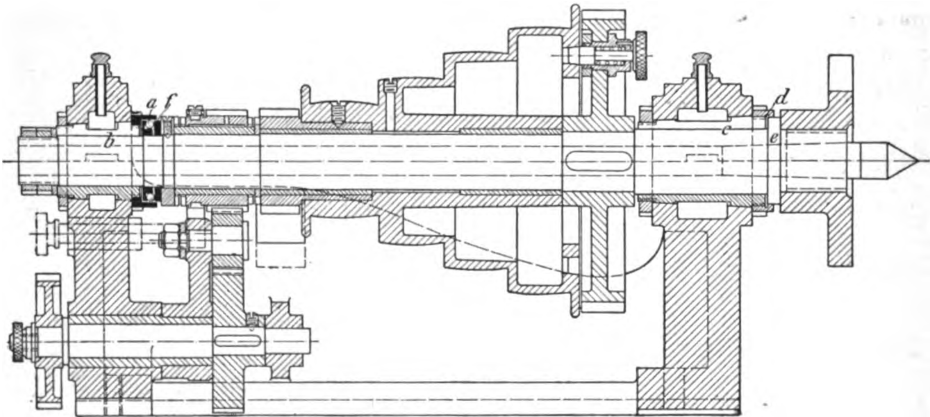


Fig. 125.

ist einteilig und in achsialer Richtung durchschnitten, um die Spindel in ihrem Lager genau einstellen und zentrieren zu können. Im vorderen Spindellager c ist an der Stirnseite d etwas Spielraum belassen, damit der Bund e der Spindel hier nicht gegen die Lagerhülse c anliegt, und der achsiale Spindeldruck ausschliesslich von dem Kugellager a aufgenommen wird, gegen welches sich die Spindel unter Vermittelung des gehärteten Stahlringes stützt. In analoger Weise wird bei diesen vorzüglich gearbeiteten Drehbänken oben genannter Firma der achsiale Druck der Leitspindel durch ein Kugellager unterstützt. Die hierdurch erzielten Vorteile sind: geringerer Kraftverbrauch am Vorgelege und an den Wechselrädern, geringere Abnutzung der Zapfen und Lager sowie leichteres und präciseres Arbeiten der Bank.

Auch zur Unterstützung des Umfangs grosser Planscheiben sowie als Widerlager am Reitstock können Kugellager nach Bedarf Verwendung finden, und würden dieselben im ersteren Falle die Planscheibe möglichst an derjenigen Stelle zu unterstützen haben, wo das Werkzeug das Arbeitsstück angreift.

Weitere Verwendungsarten von Kugellagern sind:

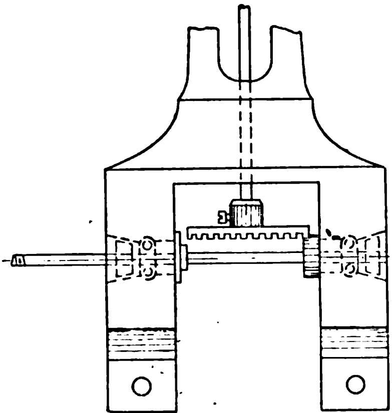


Fig. 126.

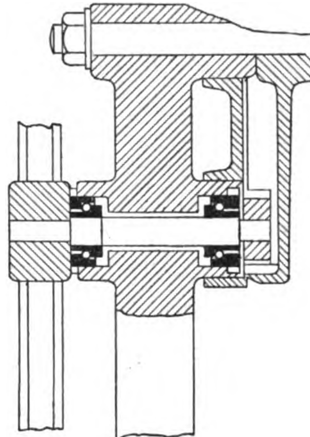


Fig. 127.

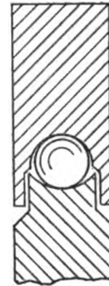


Fig. 128.

Fig. 126 für Ventilatoren. G. M. Nr. 125703 der Deutschen Federwerk-Motoren-Gesellschaft m. b. H. in Berlin.

Fig. 127 für die Antriebsvorrichtung an Milchschleudern. G. M. Nr. 122024 von A. Koch in Ottmachau.

Fig. 128 für Nähmaschinengestelle. G. M. Nr. 127090 von Jacob Kneip in Hassloch, betitelt: „Kugellager mit einer einzigen centischen Kugel, welche von dem konkav ausgedrehten Lagerteilen je hälftig umschlossen wird.“

Fig. 129. Kugellagerung der Stromabnehmerrollen für elektrische Strassenbahnen. G. M. Nr. 125804 von H. A. Jürst & Co. in Berlin.

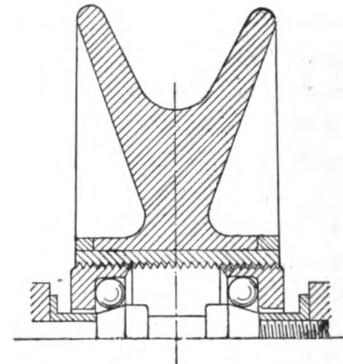


Fig. 129.

Die Verwendung von Kugellagern bei physikalischen Präzisions-Instrumenten ist bekannt, z. B. bei der Atwoodschen Fallmaschine. Auch bei Rollfüssen an Möbeln sind sie zur Anwendung gekommen behufs leichterer Drehbarkeit des die Rolle tragenden vertikalen Zapfens.

5. Rollenlager.

Die Rollen- oder Walzenlager bezwecken den Vorteil der Kugellager, d. i. das sich zwischen Achse und Lagerschalen drehende Zwischenelement, auszunutzen, dagegen den Nachteil der Kugellager, d. i. den verhältnismässig grossen Flächendruck auf die einzelne Kugel, zu vermeiden. Jedoch können die Rollen-

lager die Kugellager nicht ersetzen, da ihnen andere Nachteile anhaften, welche die Kugellager nicht haben. Diese Nachteile bestehen in Folgendem:

Die grössere Längenausdehnung der Rolle oder Walze macht ein auf ihrer ganzen Länge gleichmässiges Anliegen einerseits am Achsschenkel, andererseits an der Lagerhülse schwierig, zumal die Rollen nach dem Härten sich leicht verziehen. Es ist daher der Druck auf alle Teile der Rolle kein gleichmässiger, und darf man, um einen zu hohen Flächendruck und eine damit verbundene Abnutzung zu verhindern, zur Sicherheit etwa nur die halbe Länge der Rolle als tragend annehmen und dementsprechend belasten. Betrachtet man Fig. 163, so ersieht man, dass zwei Reihen Rollen, der Achsschenkel und die Lagerhülse, mathematisch genau parallele Berührungsflächen haben müssen, damit der Druck über die Rollen gleichmässig verteilt wird. Das dies praktisch trotz sorgfältigster Ausführung nicht immer möglich ist, dürfte einleuchten. Gerät nun beim Gebrauch auch noch Sand zwischen die Rollen und Lagerteile, so wird die Rolle an einzelnen Stellen besonders stark belastet und nutzt sich ab. Die genaue Parallelität zwischen den vorgenannten drei Teilen wird nun praktisch annähernd dadurch hergestellt, dass zwischen Achsschenkel, Rolle und Lagerhülse so viel Spielraum belassen wird, dass ein selbstthätiges paralleles Einstellen der Berührungsflächen, soweit die Konstruktion des Lagers es erlaubt, stattfinden kann.

Die Rollen erhalten ausserdem in den meisten Fällen eine besondere Führung. In Fig. 163 sind dieselben zu diesem Zwecke konisch zugespitzt, und die seitlichen Lagerteile entsprechend ausgedreht.

In Fig. 156 dagegen haben die Rollen auf beiden Seiten Zapfen und werden in Ringen geführt. Hierdurch werden weitere Reibungsflächen geschaffen und Nebenwiderstände erzeugt, die bei Kugellagern nicht vorhanden sind. Fehlen diese Führungen, so kann man bei den Rollen unter Umständen eine Neigung zum Schräglaufen beobachten, wodurch natürlich eine erhöhte Reibung und Abnutzung hervorgerufen wird.

Die in Fig. 7 und 8 illustrierte Reibung der Kugeln untereinander würde bei den Rollen in ganz besonders starker Weise auftreten. Dieselbe wird jedoch, wie aus den nachstehenden Beispielen ersichtlich, meist durch geeignete Konstruktionen vermieden. Da, wo die gegenseitige Berührung der Rollen nicht durch geeignete Konstruktionsmittel verhindert ist, tritt sehr bald, besonders wenn erst Staub Eingang in das Lager gefunden hat, ein gegenseitiges Abschleifen der Rollen ein. Es werden Flächen an den Umfängen der Rollen erzeugt und brennen dieselben schliesslich infolge starker Erhitzung fest.

Während ferner Kugellager mit Leichtigkeit so angeordnet werden können, dass die Kugeln sowohl den vertikalen als auch den seitlichen Druck aufnehmen, ist dies bei Rollen weniger einfach. Man hat z. B. bei Fig. 156 eine den Kugellagern analoge Konstruktion durch Schrägstellen der Rollen geschaffen und letztere konisch gestaltet. Jedoch bedingt der Erfolg dieser Anordnung eine so präzise Arbeit der Laufflächen, da die Berührungslinien aller Lagerteile genau in einem Punkte zusammenlaufen müssen, welcher die Drehungsachse schneidet, dass dieselbe praktisch kaum denkbar ist, und stets eine Neigung zum Festklemmen der Rollen zwischen den Lagerteilen vorliegt. Bei anderen Konstruktionen werden die seitlichen Belastungen wie beim gewöhnlichen Zapfen durch feste Bunde am

Achsschenkel aufgenommen, wodurch natürlich der Vorteil des beweglichen Zwischenteils aufgehoben wird.

Aus Vorstehendem ist ersichtlich, dass Rollenlager sich für Präzisionsapparate und für alle Zwecke, bei denen es auf eine möglicht geringe Reibung zwischen Zapfen und Lager ankommt, nicht eignen. Andererseits sind Rollenlager mit Erfolg anwendbar für solche Zwecke, bei welchen es auf eine, wenn auch nur geringe Verminderung der Reibung ankommt und bei denen Kugellager des zu hohen Flächendruckes wegen weniger vorteilhaft angewendet werden können, also bei verhältnismässig hohen Belastungen. Vorteile bieten die Rollenlager auch da, wo der Druck stets ein einseitiger ist und Seitenbeanspruchungen erheblicher Art ausgeschlossen sind, also z. B. bei Transmissionen und als Halslager bei Drehkrahnen. Die zulässige Beanspruchung der einzelnen Rollen deckt sich mit derjenigen für gewöhnliche Drehzapfen, wobei jedoch der Härtegrad der Rollen, sowie der Eingangs erwähnte Umstand zu berücksichtigen ist, dass die Rollen nicht auf ihrer ganzen Länge und nur in einer Linie als tragend angenommen werden dürfen. Professor Riedler giebt als zulässigen Flächendruck für Drehzapfen 80 kg pro Quadratcentimeter und für raschlaufende Maschinen 30 bis 40 kg pro Quadratcentimeter an.

Die „Hütte“ setzt für ununterbrochen sich drehende Zapfen unter normalen Verhältnissen folgende Flächendrucke fest:

Gehärteter Gussstahl auf gehärtetem Gussstahl	150 kg.
„ „ auf Bronce	80 „
Ungehärteter „ „ „	50 „
Schmiedeeisen mit glatter dichter Oberfläche auf Bronce	40 „
„ mit nicht ganz reiner Oberfläche auf Gusseisen oder Bronce	30 „
„ mit nicht ganz reiner Oberfläche auf Gusseisen	25 „
„ auf Pockholz bei Wasserschmierung	25 „

Für sich nicht beständig drehende, sondern schwingende Zapfen können höhere Werte angenommen werden.

Zur besseren Ubersicht ist es vorteilhaft, die Rollenlager in gewisse Gruppen einzuteilen, und sei an den Anfang die allgemeine Anwendung derselben auf Wellen irgend welcher Maschinengattungen, Transmissionen u. s. w. gestellt, weil bei diesen die für Spezialkonstruktionen massgebenden Einzelheiten im weitesten Masse mit enthalten sind. An zweiter Stelle sind die im Besonderen für Strassenfahrzeuge (Motor- etc. Wagen) und zum Schluss die für Bahnfahrzeuge bestimmten Lagerkonstruktionen aufgeführt.

a) Rollenlager für Wellen in allgemeiner Anwendung.

Fig. 130 ist ein Rollenlager für Maschinen- oder Transmissionswellen der bekannten Firma L. Silberstein-Söhne, Schwiebus. Die Rollen sind in besonderen Führungsringen gelagert und können, wie aus der Figur ersichtlich, mit diesen zusammen herausgenommen werden. Zur Aufnahme der Seitendrücke sind zweck-

mässig Kugellager angeordnet. Das Lager ist geeignet, grössere Belastungen ohne erhebliche Reibung aufzunehmen.

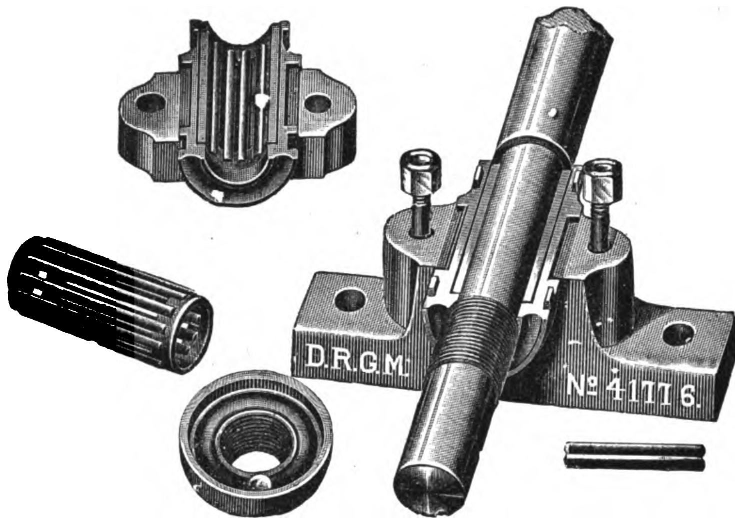


Fig. 130.

Die eingangs als notwendig bezeichnete Führung der Rollen wird auf verschiedene Weise hervorgebracht, wie die nachstehenden Beispiele zeigen.

Fig. 131. G. M. No. 123 112 von L. Dechert & Söhne in Oranienburg wendet keine besonderen Führungsringe an, sondern passt die Walzen ohne Zwischenraum genau um die Welle herum und hält dieselben von aussen durch einen über die Welle geschobenen dicht verschliessbaren Seitendeckel. Diese Konstruktion ist schon wegen der gegenseitigen Reibung der Walzen nicht zu empfehlen, und sind Führungen der Walzen nach Art der nachstehenden Beispiele vorzuziehen.

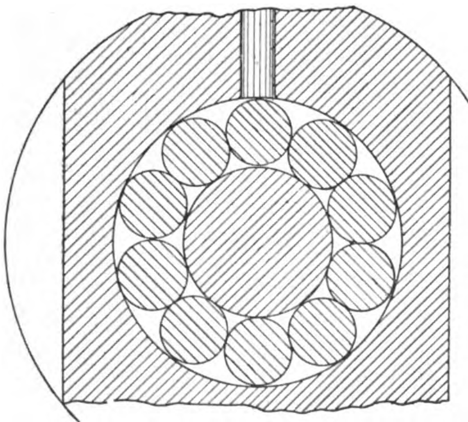


Fig. 131.

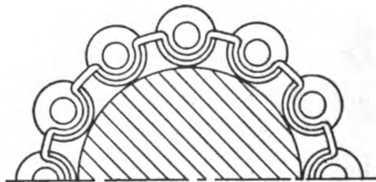


Fig. 132.

Fig. 132. G. M. No. 123338 von H. Kunath, Dresden: „Rollenlager mit einer mit Aussparungen versehenen röhrenförmigen Hülse als Führung für die Rollen."

Fig. 133. G. M. No. 122052 von Max Gödecke in Stassfurt: „Rollenlager dadurch gekennzeichnet, dass die die Welle umschliessenden Rollen mittels ihrer beiderseitigen Zapfen der Reihe nach durch Gelenkstangenpaare verbunden sind."

Fig. 134. G. M. No. 120812 von Ernst Hettich in Freiburg i. Br.: „Rollen-

lager, bei dem Führungen und Stege aus einer an ihren Rändern seitlich umgebogenen, mit Aussparungen und seitlichen Einschnitten versehenen röhren-

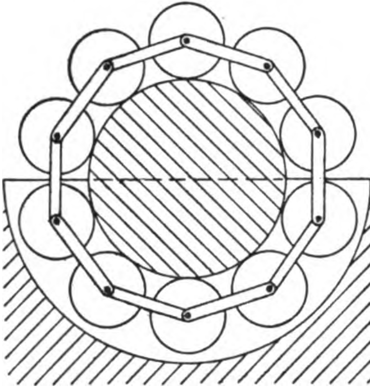


Fig. 133.

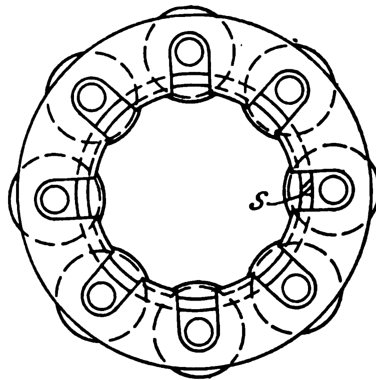


Fig. 134.*)

förmigen Hülse besteht, und bei dem die Rollen mit Hilfe eines Sprengringes (s) in ihrer Lage festgehalten werden."

Fig. 135. G. M. No. 123701 desselben Verfassers: „Büchsenrollenlager, dadurch gekennzeichnet, das der Führungskörper aus einer mit Aussparungen und halbkreisförmigen Einbuchtungen versehenen Hülse besteht, in welcher die Rollen mittels Sprengringes (S) festgehalten werden."

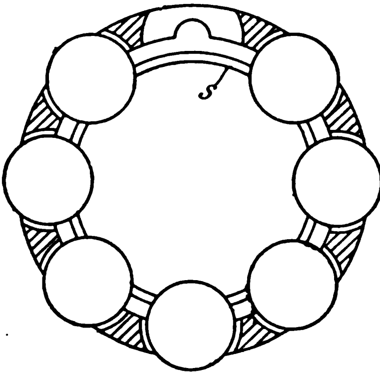


Fig. 135.

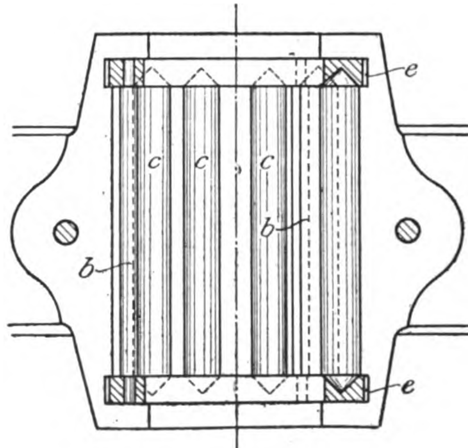


Fig. 136.

Fig. 136. G. M. No. 121637 von Aug. Brebeck in Barmen: „Rollenlager, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Lagerung der Rollen oder Walzen (c) der Schale dienenden, durch Stehbolzen (b) starr mit einander verbundenen und in bestimmtem Abstand gehaltenen Ringe je in einen in den Lagerkörper eingedrehten Nut (e) geführt und gegen Längsverschiebung gesichert sind, um dadurch eine Schrägstellung der Walzen (c) gegenüber der Wellenmittellinie unmöglich zu machen." — Erfinder geht also von dem Gedanken aus, dass es nicht nur erforderlich ist, die Rollen untereinander zu führen, sondern, dass

*) Fig. 134 ist nicht korrekt gezeichnet.

das aus Rollen, Führungsringen und Stehbolzen zusammengesetzte Rollengehäuse ausserdem noch gegen ein Verdrücken in windschiefe Richtung zu sichern ist, um die Rollen stets genau parallel der Drehachse als Welle zu erhalten, und wendet er hierzu die in das Lagergehäuse eingedrehten und die Führungsringe haltenden Nuten (e) an.

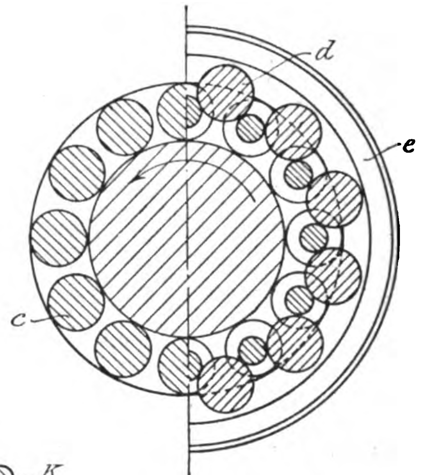


Fig. 137.

Fig. 137. G. M. No. 123963 von O. Krüger & Co. in Berlin: „Rollenlager dessen Trag- und Druckrollen (c) durch Leitrollen (d) ausser Berührung gehalten werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitrollen zur Vermeidung gleitender Reibung nur von einem frei rotierenden Schmierring (e) gehalten werden.“

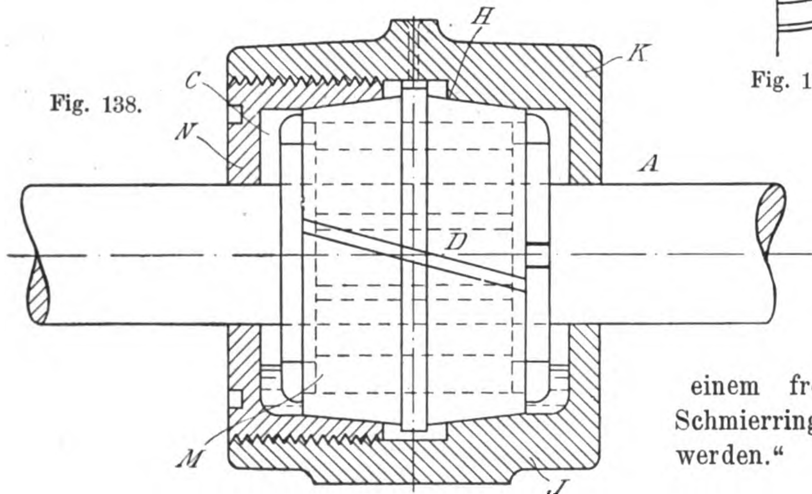


Fig. 138.

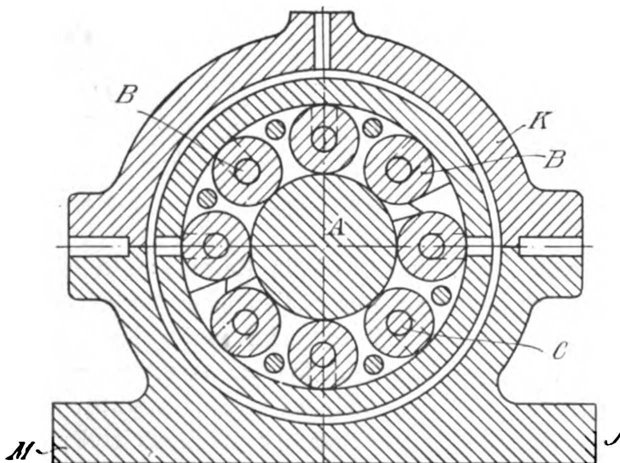


Fig. 139.

Fig. 138—141 Patentanmeldung B. 24292. V./47 von Alfred Eduard Burnouf in Paris, betitelt: „Rollenlager, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagerschale aus einem aussen doppelkegelförmigen ein- oder zweiteiligen, zwecks Federung durch Rippe (G) (Fig. 140) verstärkten Ring (M) besteht, um durch Einschrauben eines entsprechend kegelförmig gestalteten Ringes (L) in das Lagergehäuse ein gleichmässiges Nachstellen der Lagerschale zur Drehachse zu ermöglichen.“

Die auch im übrigen interessante Konstruktion dieses Lagers geht aus den Figuren näher hervor.

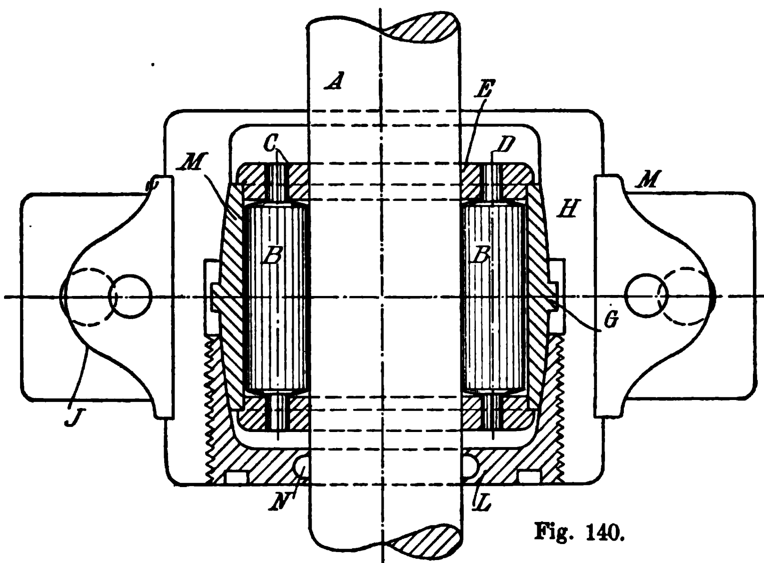


Fig. 140.

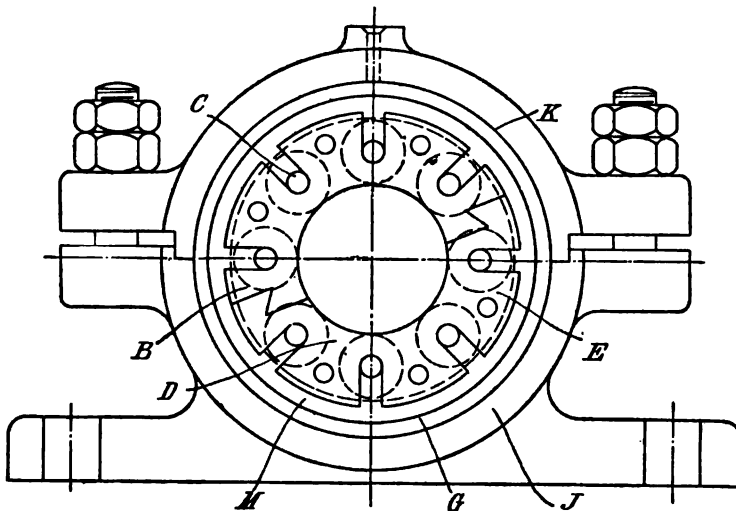


Fig. 141.

Fig. 142 u. 143. G. M. No. 123964 und Patentanmeldung K. 17858. 47 von O. Krüger & Co. in Berlin, betitelt: „Rollenlager mit Schmierring (s) und mit hohlen Rollen (r), deren Bolzen (b) an der Seite in Ringen (i) vereinigt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Rollen aussen von einem oder mehreren Schmierringen umgeben werden, die bei mehrteiliger Ausbildung zugleich den Korb zusammenhalten.“ — Die Rollen sind hier also aus einer äusseren hohlen und mit einzelnen Löchern versehenen Walze (r) und einem inneren, nur an den beiden Endflächen anliegenden Bolzen (b) susammengesetzt, welcher fest in den

Führungsringen (i) vernietet ist. Die Walzen (r) haben Löcher zur Einführung des Schmiermaterials zwischen den Drehflächen.

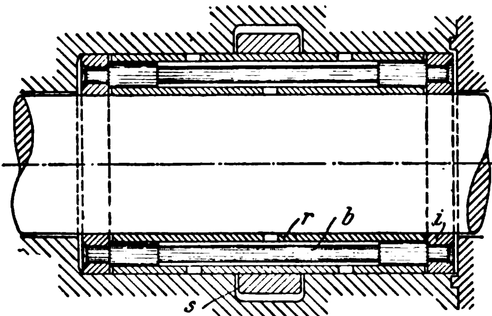


Fig. 142.

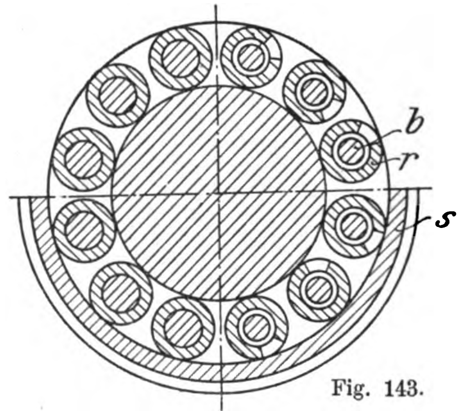


Fig. 143.

Fig. 144. G. M. Nr. 125 887 von F. E. Drescher in Wittstock: „Rollenlager mit Ringschmierung, bei welchem die Einbringung eines geschlossenen Schmierringes durch einen stopfbüchsenartigen Einsatz in einen geschlossenen Lagerkörper ermöglicht wird." — Auch hier sind die Rollen in besonderen Ringen geführt.

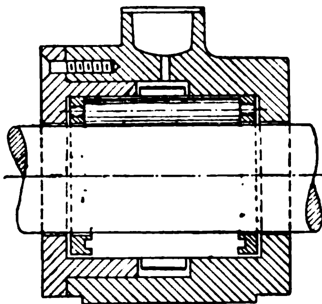


Fig. 144.

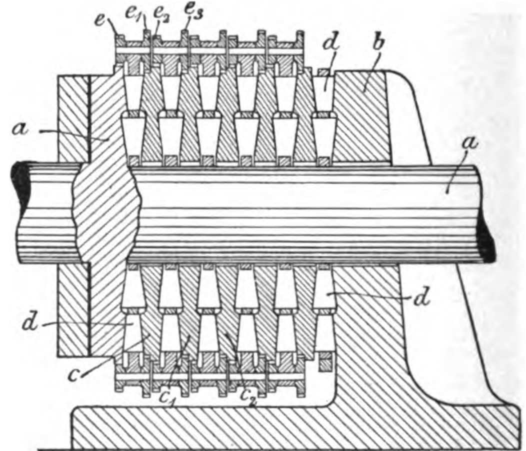
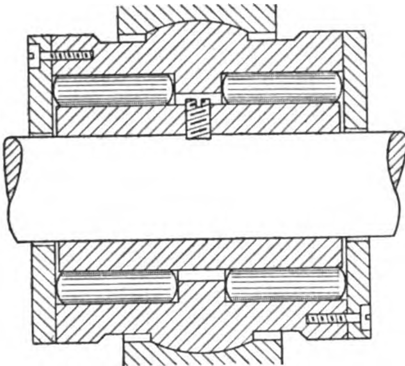


Fig. 145.

Fig. 145. D. R. P. Nr. 107 885, ist ein Rollen-Stützlager für Schiffswellen von Cooper, the Elms in Kings Linn. Der Achsialdruck der Schiffsschraubenwelle a wird auf das Widerlager b mittels Halsscheibe a_1 und konischen Walzrollen d nebst Zwischenscheiben c, c_1, c_2 . . . übertragen. Letztere sind durch Zahnräderpaare e, e_1, e_2, e_3, . . . so verbunden, dass rückkehrende Umlaufräderwerke entstehen. Die Umdrehungsgeschwindigkeit eines jeden Rollenkranzes d ist daher nicht gleich derjenigen der Schiffswelle, sondern nur gleich der durch die Zahnräderpaare bedingten Differenz der Umdrehungsgeschwindigkeiten seiner beiden benachbarten Zwischenscheiben. Es wird hierdurch an Reibung gespart, wenngleich andrerseits die Zahnräderpaare zu ihrer Bethätigung auch wieder Kraft beanspruchen.

Fig. 146. G. M. Nr. 125 591 von Bernh. Stoewer, Stettin, (Stettiner Eisenwerk). Als Neuheit wird für die Anordnung der Rollen in zwei Parthien beansprucht, welche durch einen Bund im Innern der Lagerschale von einander ge-


Fig. 146.

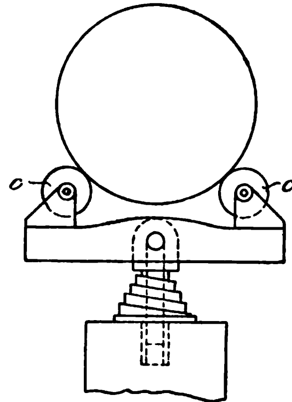


Fig. 147.

trennt sind. Zweck dieser Konstruktion ist jedenfalls die Erzielung grosser Auflagerflächen bei kurzen Walzen.

Fig. 147. Patent-Anmeldung K. 17 818./47 von W. J. E. Koch in Hamburg, zeigt die Anwendung von Rollenlagern auf umlaufende Trommeln, wobei der Rollenträger durch eine Feder gestützt wird.

Fig. 148. Pat. Anmeldung Z. 2835./47 von Albert Henry Zeller in St. Louis betitelt: „Kugellager mit Zwischenrollen, die in besonderen Laufringen geführt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenrollen durch Kugelabschnitte gebildete Stirnflächen haben und mit diesen in einstellbaren mit kegel-

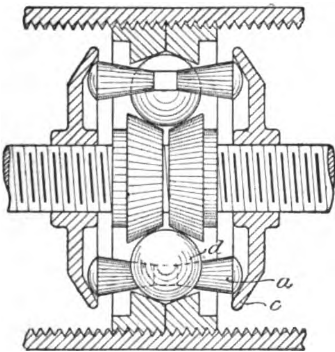
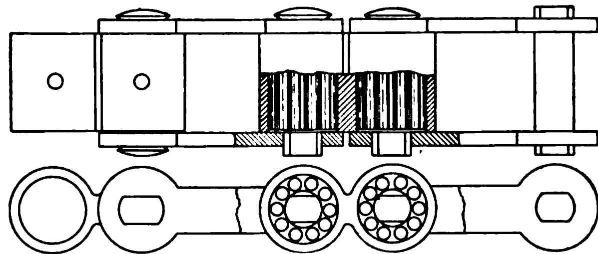


Fig. 148.


Fig. 149.

förmiger Lauffläche versehenen Führungsringen (c) laufen, zu dem Zweck, die zwangläufige Führung der Zwischenrollen (a) und der Kugeln (d) durch Einstellung der Führungsringe zu sichern und die Längsverschiebung der Achse im Lager zu verhüten." — Es ist also eigentlich ein Kugellager, welches zur Aufnahme der seitlichen Belastung mit eigenartig geformten Zwischenrollen versehen ist. Es ist nicht ersichtlich, wie diese Rollen in ihrer (gezeichneten) Lage erhalten werden.

Fig. 149 zeigt die Anwendung der Rollenlagerung bei der Gelenkkette

welche sich in der Fahrrad- und Motorwagen-Industrie ein neues grosses Verwendungsfeld erobert hat, und soll vorliegende Konstruktion hauptsächlich auf Motorwagen Anwendung finden.

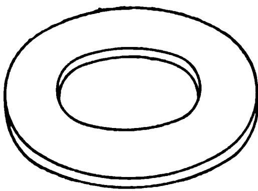


Fig. 150.

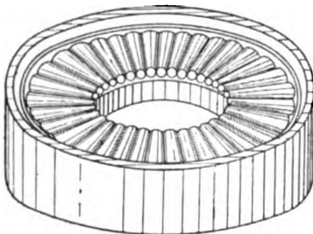


Fig. 151.

Fig. 150 u. 151 zeigt ein Rollenlager für stehende Wellen von L. Silberstein Söhne, Schwiebus. Die Rollen sind konisch gestaltet und liegen lose nebeneinander. Hier ist noch mehr als bei horizontalen Lagern das Aneinanderreiben der Rollen zu befürchten, und empfiehlt es sich die Rollenabstände durch Führungsringe konstant zu erhalten.

Wir haben bereits gesehen, dass man die Rollen als einfache cylindrisch abgedrehte Körper und als cylindrische Hohlkörper in Röhrenform konstruiert. Im nachstehenden seien hieran noch einige besondere Konstruktionsformen der Rollen gereiht.

Fig. 152. G. M. No. 122626 von Louis Müglitz in Netzschkau i. V.: „Drahtrollenlager, bei welchem die Nute in den Zapfen der Welle eingedreht, Stahldrahtstäbchen eingepasst und das Ganze mit Präzisionsrohr, welches sich infolge eines angebrachten Stiftes nicht verschieben kann, überdeckt ist.“

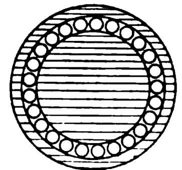


Fig. 152.

Fig. 153 in ein Rollenlager des Amerikaners F. W. Hyatt. (Vergl. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure vom 22. April 1899, S. 466.) Derselbe sucht die Übelstände gewöhnlicher Rollenlager ohne Führung (schräglaufen und festklemmen) dadurch zu vermeiden, dass er elastische Federn von viereckigem Querschnitt schraubenförmig zu einer Röhre zusammendreht und dieselben über durchgesteckte Achsen laufen lässt. Da letztere einen viel kleineren Durchmesser haben, als die Lichtweite der spiraligen Röhre beträgt, so ist die Führung der Rollen keine zwangläufige. Jedoch beschränkt dieselbe das Schräglaufen bis zu einem gewissen Grade und verhindert die gegenseitige Berührung der Rollen. Die Elasticität dieser Rollen gewährleitet jedenfalls ein möglichst gleichmässiges Anliegen derselben am Zapfen über die ganze Länge der Rolle hin, wodurch einseitige Reibung und Abnutzung vermieden werden.

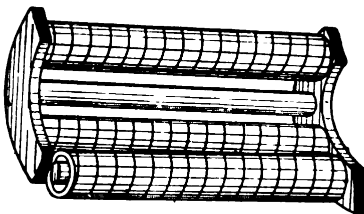


Fig. 153.

Fig. 154. Pat.-Anmeldung H. 22229/47 von E. Hettich in Freiburg i. B. ist eine „Rolle aus schraubenförmig gewundenem Draht für Rollenlager, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt des Drahtes nach aussen halbkreisförmig gestaltet ist und seitlich Rillen zu Aufnahme eines Schmierdochtes besitzt.“

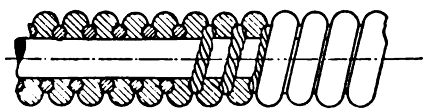


Fig. 154.

Fig. 155. G. M. No. 124566 von C. E. Rost & Co. in Dresden: „Spurlager mit kegelförmigen Antifriktions-Walzen w, dadurch gekennzeichnet, dass die gegenseitige Berührung der Walzen durch Lagerung derselben in zwei koncentrischen Ringen, die Schiefstellung derselben durch starre Verbindung der koncentrischen Ringe unter sich, das radiale Hinausrutschen derselben durch einen übergeschobenen dritten Ring verhindert, und Schmierung, Staubabschluss und Rostschutz durch Einbau des Ganzen in eine Ölschüssel erreicht ist." —

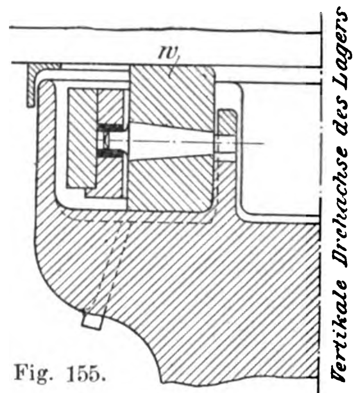


Fig. 155.

Erwähnt sei noch die Anwendung von Rollenlagern in den hölzernen oder metallenen Kloben der Flaschenzüge für Takelwerk.

b) Rollenlager für Strassenfahrzeuge.

Fig. 156—160 sind Walzenlager der Rubber Tire-Wheel Comp. in Springfield, Ohio. Um den senkrechten und seitlichen Druck gleichzeitig auf-

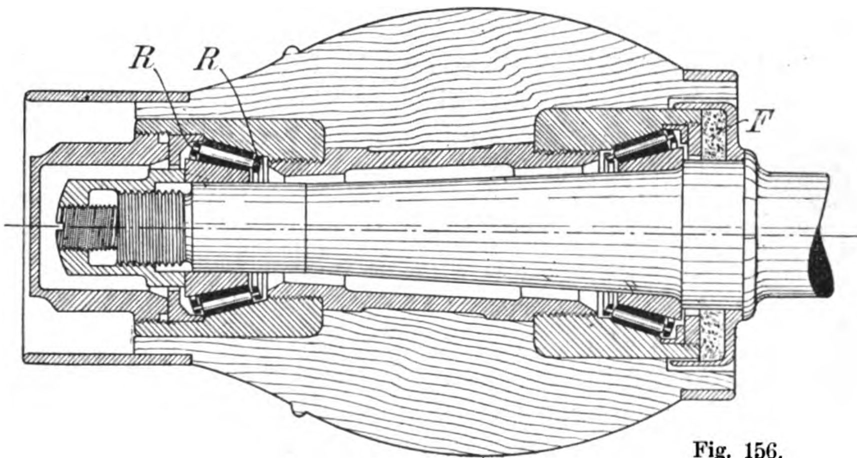


Fig. 156.

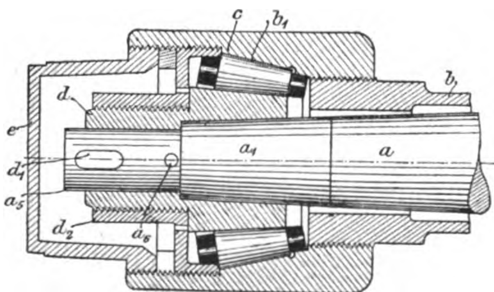


Fig. 157.

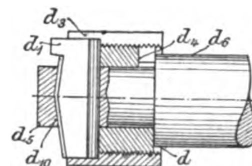


Fig. 158.

zunehmen, sind die Rollen schräg gestellt und konisch geformt. Die Rollen drehen sich ihrerseits um besondere durchgehende Zapfen, welche in zwei Ringen

R-R gelagert sind. Diese Führungsringe R sichern den Abstand zwischen den einzelnen Rollen und verhindern das Gegeneinanderwälzen derselben. Über die vermutliche Bewährung dieses Lagers in der Praxis ist schon in der Einleitung gesprochen worden.

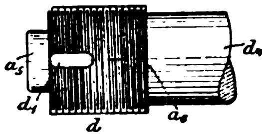


Fig. 159.

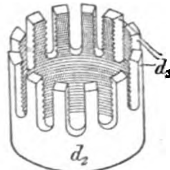
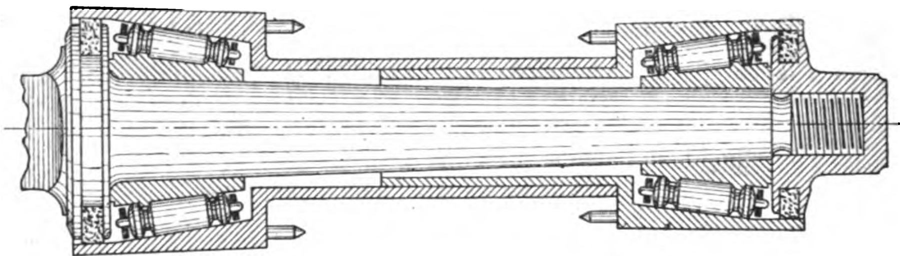


Fig. 160.

Die Regulierung der Rollenlagerung und Feststellung der vorderen Hülse d kann auch nach Art der Figuren 157—160 ausgeführt werden.

Fig. 161 u. 162 stellen das Rollenlager der Timken Roller Bearing Axel Co. in St. Louis, Mo. dar. Während in der vorstehenden Konstruktion konische Rollen Verwendung fanden, sind hier cylindrische angewandt. Dieselben sind,


Fig. 161.

wie aus Fig. 162 ersichtlich, in Ringen geführt, welche durch Stehbolzen zusammengehalten werden. Ausserdem sind die Rollen mit eingedrehten Nuten versehen, gegen welche sich entsprechende auf den Konen der Achse angedrehte Ringe legen, um den seitlichen Druck besser auf die Walzen zu übertragen. Da der Rollenkorb (Fig. 162) lose zwischen Achsschenkel-Konus und Achsbüchse läuft, so kann diese seitliche Beanspruchung von den Rollen nur dadurch aufgenommen werden, dass der Rollenkorb nach der einen oder anderen Richtung hin fester zwischen Konus und Achsbüchse gepresst, und somit die seitliche Beanspruchung in eine mehr vertikale übergeführt wird. Auch hier gehört eine äusserst genaue Arbeit dazu, dass die Rollen in der beabsichtigten Weise laufen. Bei dem geringsten Festklemmen würde die Reibung grösser werden als bei gewöhnlichen Spindellagern.

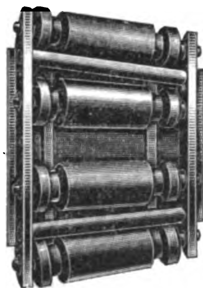

Fig. 162.

Fig. 163 zeigt Brown's Patent-Rollenlager der Concord Axle Co. in

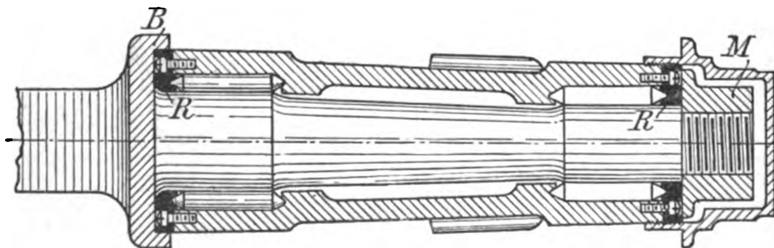


Fig. 163.

Penacook, N. H. Die Walzen liegen in konischen Führungen und nehmen nur den

vertikalen Druck auf. Für den Seitendruck sind besondere Ringe R eingesetzt, gegen welche sich der Bund B und die Mutter M des Achsschenkels legen. Die Konstruktion ist zwar äusserst einfach, ob sie aber nach längerem Gebrauch auf staubiger Landstrasse bessere Resultate ergiebt, als eine gewöhnliche, gut geschmierte Achsbuchse, ist sehr fraglich, da mit einer starken Zusatz-Reibung an den konischen Zapfen der Rollen zu rechnen ist.

Fig. 164 ist eine Kugelwalzen-Achse von J. F. Schmid in Offenbach a. M. D. R P. No. 74550 und D. R. G. M. No. 48479. Die kleinen Kugelwalzen laufen hier gleichzeitig in konischen Führungen, sind aber nur für den senkrechten Druck bestimmt. Der Seitendruck wird an der Stossseite durch einen Ring mit zwischengelagerter Lederscheibe und an der entgegengesetzten Seite durch eine Hülse

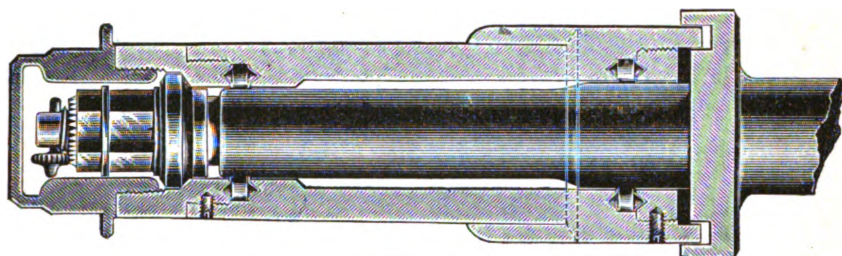


Fig. 164.

aufgenommen. Da die Walzen trotz ihrer geringen Länge eine bedeutend grössere Auflagerfläche bieten als Kugeln von gleichem Durchmesser, so wird die Abnutzung derselben eine geringe sein. Die Reibung wird jedoch vermehrt durch das Gegeneinanderwälzen der Walzen unter sich. Auch scheint die Aufnahme der seitlichen Stösse hier keine sehr günstige zu sein, und kann der auf die Hülse G wirkende Flächendruck unter Umständen sehr hoch werden. Die hierbei auftretende starke Reibung hebt den Vorteil der Walzen vermutlich wieder auf.

Fig. 165—167 sind Rollenanlage der Standard Roller Bearing Co. in Philadelphia Pa, und sind hauptsächlich für schwere Automobil-Fahrzeuge in Anwendung. Charakterisch bei ihnen sind die an beiden Enden der Walzen befindlichen Kugelreihen. Dieselben haben nicht etwa den Zweck den seitlichen Druck der Achsbuchse aufzunehmen, sondern dienen dazu die Reibung zwischen den Stirnflächen der Walzen und der Achsbuchse möglichst zu verringern, damit die Walzen genau den Bewegungen des Zapfens folgen können, ohne infolge verzögernder Reibung an den Stirnflächen sich schräg einzustellen.

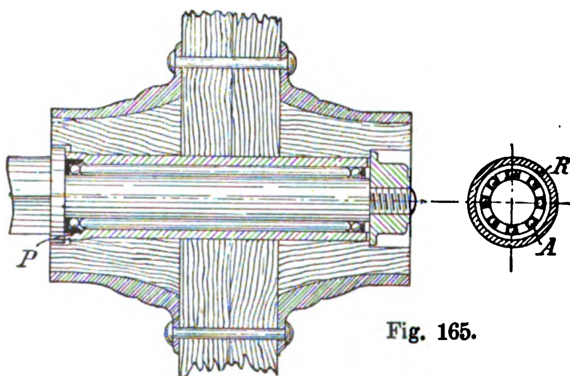


Fig. 165.

Um das Gegeneinanderwälzen der Rollen zu verhindern, ist bei Fig. 165 der Ring mit Ansätzen A versehen, wodurch zwischen den einzelnen Rollen Spielräume geschaffen werden. Der Seitendruck wird in Fig. 165 durch den Bund an der Achse und auf der anderen Seite durch die aufgeschraubte Mutter aufgenommen.

In Konstruktion Fig. 166 sind zu diesem Zweck die in Fig. 167 dargestellten Stahlscheiben an der Vorsteck-Mutter angebracht, zwischen denen ein besonderes Kugellager für seitliche Belastung angeordnet ist. Die Kugeln sind zum bessren Einsetzen und Herausnehmen von einer besonderen Blechkapsel gehalten, welche die Berührungsflächen frei lässt. Diese Blechkapsel erinnert an die Patronenkapsel

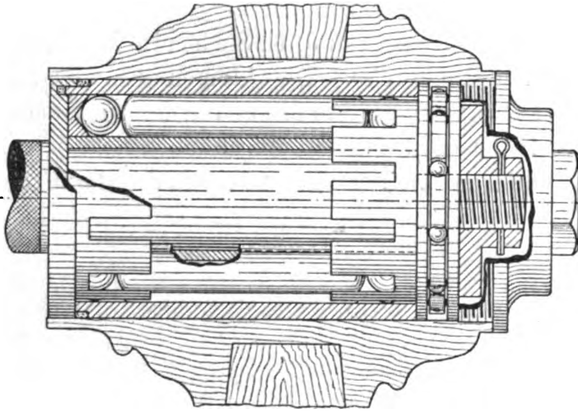


Fig. 166.

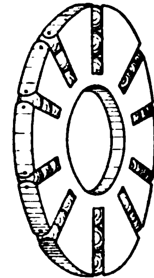


Fig. 167.

der preussischen Infanteriegewehre M. 88. Welcher Bruchteil der Walzenlänge thatsächlich zum Tragen kommt, hängt bei diesen langen Walzen ganz von der Genauigkeit der Herstellung und der Güte des Materials ab. Jedenfalls wird es erforderlich sein die Walzen und die mit ihnen in Berührung kommenden cylindrischen Rotationsflächen (letztere nur, falls sie gehärtet sind) nach dem Härten nochmals auf einen genauen, bei den Walzen vollkommen gleichen Durchmesser abzuschleifen, um das Verziehen während des Härtens wieder auszugleichen. Auch muss das Material dieser Teile vollkommen gleichartig sein, damit sich nicht ein Teil der Reibungflächen schneller abnutzt als der andere, wodurch ungleiche Beanspruchung entstehen würde. Selbstverständlich kann ein derartiges Lager nur dann befriedigende Resultate ergeben, wenn es durchaus gegen Staub und Unreinigkeiten geschützt und ausgiebig geschmiert ist.

Fig. 168 ist das Walzenlager der American Roller Bearing Co. in

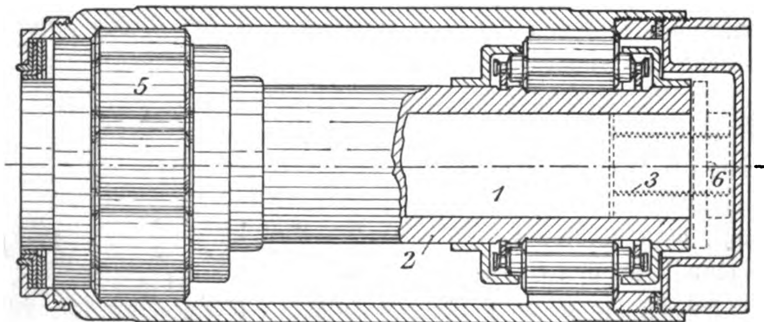


Fig. 168.

Boston, Mass. Die in der Fig. mit „5“ bezeichneten Walzen an der Stossseite liegen zwischen zwei Bunden der den Achsschenkel umfassenden inneren Buchse „1“

und übernehmen gleichzeitig die vertikale und die seitliche Belastung. Zwischen den einzelnen Walzen sieht man cylindrische Stehbolzen, welche das Gegeneinanderreiben der Walzen verhindern und ihnen eine gewisse Führung parallel mit der Drehachse des Lagers geben, welche bei der geringen Länge dieser Walzen vollkommen ausreichen dürfte. Die Walzen der rechten (Vorsteck-) Seite sind durch kleine Zwischenrollen, welche von besonderen Ringen gehalten werden, in analoger Weise geführt. Die Belastung wird nur von den dicken Walzen aufgenommen, während die Zwischenrollen ausschliesslich für die richtige Führung dieser Walzen zu sorgen haben. Über die Betriebsergebnisse dieses erst kürzlich auf den Markt gebrachten Lagers ist noch nichts bekannt geworden, jedoch verdient es in seiner zuverlässigen Anordnung den Vorzug vor dem vorstehenden.

c) Rollenlager für Bahnfahrzeuge.

Fig. 169. G. M. No. 127972 von Otto Arlt in Görlitz, betitelt: „Rollen-Lager, bestehend aus Rollen (b), die an ihren beiden Enden mit Zapfen (c) versehen sind, welche Zapfen in radiale Nuten (d) der auf die Achse

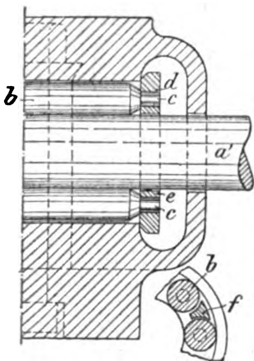


Fig. 169.

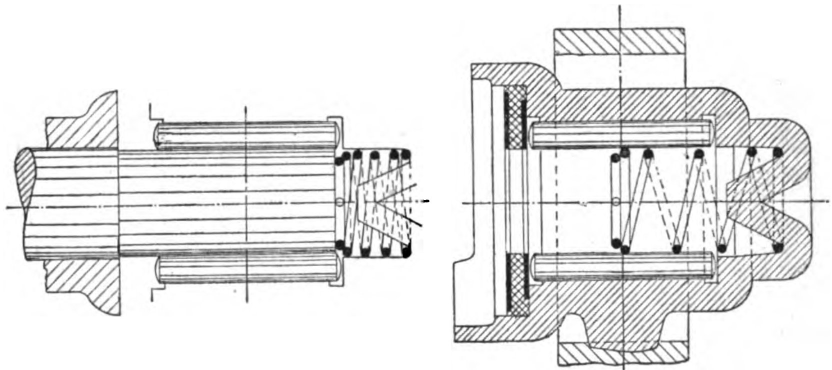


Fig. 170.

(a¹) lose aufgesetzten Ringe (e) eingehen, während die Ringe durch mit den Rollen parallele Querstücke (f), die an den Ringen festgeschraubt oder in anderer Weise befestigt sind, in bestimmter Entfernung von einander gehalten werden und zur Verhinderung einer axialen Verschiebung des Rollensystems mit Flanschen versehen sind, zum Zwecke, die Rollen von diesen Ringen führen und dadurch die Reibung die kleinmöglichste werden zu lassen.“

Fig. 170. D. R. P. 105969. Rollenlager von A. Koppel, Berlin. Um die Zapfen oder Rillen an den Rollen zu vermeiden, die bei der üblichen Führung in Ringen oder Scheiben notwendig sind, wird als Rollenträger eine im Lagergehäuse achsial bewegliche Hülse aus Drahtwindungen verwendet, die beim Gebrauch des Lagers durch den Achszapfen beiseite geschoben wird, um die Rollen für den Umlauf freizulegen. Die zusammengedrückte Feder dient gleichzeitig als Puffer gegen seitliche Achsverschiebungen im Lager.

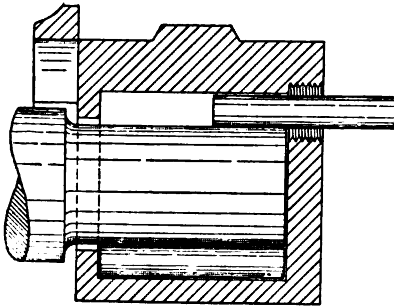


Fig. 171.

Fig. 171. G. M. No. 124531 des **Bochumer Vereins für Bergbau und Gussstahlfabrikation** zu Bochum. Typisch ist die gänzlich geschlossene Buchse. Die Einführung der Walzen geschieht durch kleine Öffnungen an der Stirnseite der Buchse, welche mit Stöpseln verschlossen werden. Der Zapfen läuft vollkommen in einer Ölkammer. Derartige nach aussen abgeschlossene Lagergehäuse sind Bedingung für Industriebahnen, da dieselben dem Staub und Schmutz ganz besonders ausgesetzt sind.

Fig. 172 ist die **Bersin**'sche Patent-Rollachse. Dieselbe ist für einseitige Belastung bestimmt und ist bei der Ausführung nach untenstehender Figur angenommen, dass der Achsschenkel nach unten zu auf die Buchse drückt, so wie es an Wagenachsen stattfindet. Die Achsbuchse ist aus Gusseisen und wird

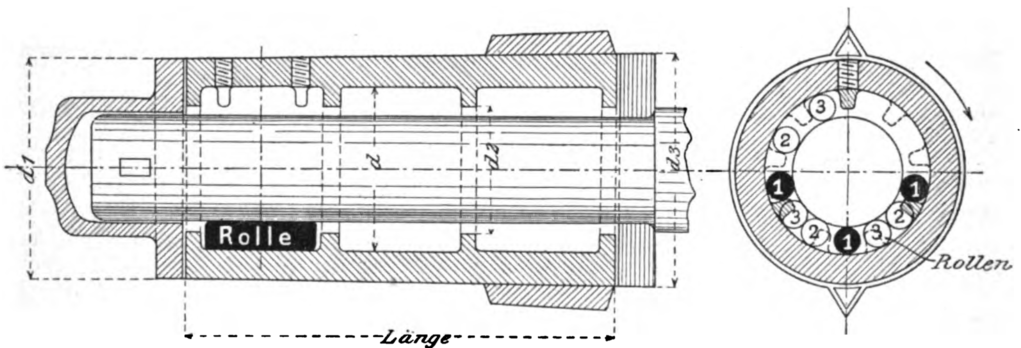


Fig. 172.

durch Querrippen in drei Hauptabteilungen getrennt. Jede dieser Hauptabteilungen ist durch die Stifte in drei Kammern geteilt und sind die Stifte der einen Kammer gegen die der benachbarten um 30° versetzt. Jede Kammer enthält eine Stahlrolle, so dass im Ganzen neun Rollen vorhanden sind. Die eigene Schwere veranlasst die Rollen sich, wie der Querschnitt zeigt, nach unten um die Achse zu lagern, so dass der Achszapfen auf der Druckseite in seiner ganzen Länge gelagert ist. Die Bezeichnungen 1, 2, 3 im Querschnitt geben die verschiedenen Lagen der Rollen in den drei Hauptabteilungen an. Zur Aufnahme der Seitenstösse dienen auf der Stossseite eine besondere Stossscheibe und am anderen Ende eine auf das Ende des Achsschenkels aufgeschraubte Kappe. Die vorliegende Konstruktion vermeidet das Gegeneinanderwälzen der Rollen, und ermöglicht durch die Dreiteilung derselben in der Längsrichtung und durch die Versetzung derselben gegeneinander in der Querrichtung ein annähernd gleichmässiges Aufliegen des Achsschenkels in seiner ganzen Länge.

Fig. 173 u. 174 ist ein Rollenlager für Schiebebühnen, in Anwendung bei der **preussischen Eisenbahn-Verwaltung**. Der Durchmesser des Zapfens beträgt

117 mm, derjenige der Rollen 35 mm, die Länge der Rollen 124 mm. Die Rollen nehmen nur den vertikalen Druck auf und sind mit besonderen Zapfen in zwei Ringen gelagert, so dass zwischen je zwei Rollen etwas Spielraum bleibt und sie nicht gegen einander reiben. Der Durchmesser der Führungsringe von Mitte zu Mitte ist

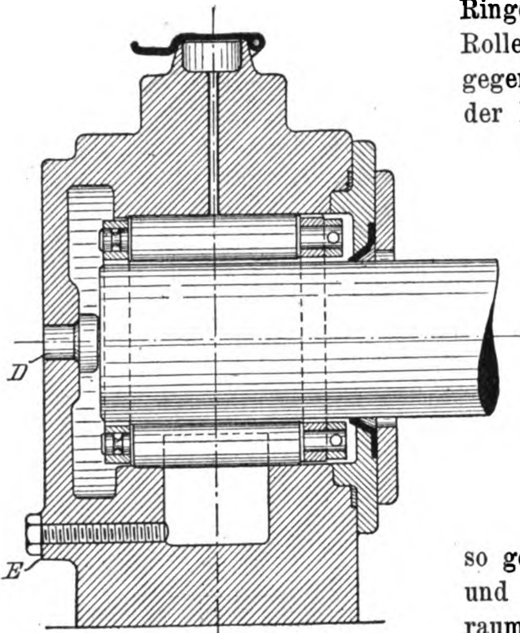


Fig. 173.

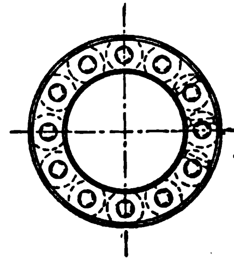


Fig. 174.

so gewählt, dass zwischen dem Achszapfen und den Rollenoberflächen noch ein Spielraum von etwa $^1/_4$ mm bleibt. Ein Druckknopf D begrenzt den Achszapfen nach aussen zu. E ist eine Entleerungsschraube für verbrauchtes Schmiermaterial etc. Nach Innen dichtet eine Ledermanschette die Buchse gegen Staub ab. Wie der Rollenkörper mit seinen Führungsringen

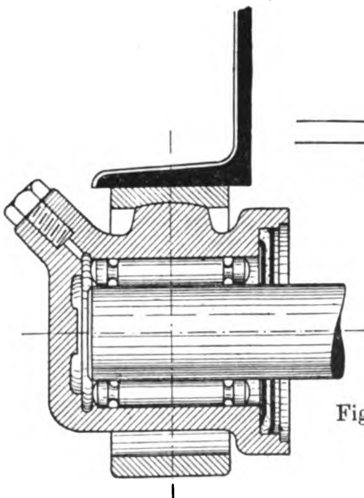


Fig. 175.

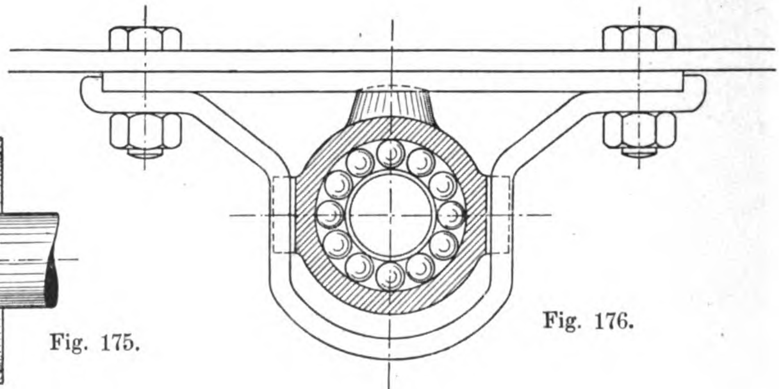


Fig. 176.

gegen seitliche Verschiebung gesichert ist, ist aus der Figur nicht zu ersehen. Die Konstruktion ist im Übrigen gut durchdacht und in einfacher Weise durchgeführt. Auch hier liegt ein Fall vor, wo Rollenlager vorteilhafter als Kugellager angewendet werden können.

Fig. 175 bis 178 stellen zwei Patent-Rollenlager (Stirn- und Halslager) für

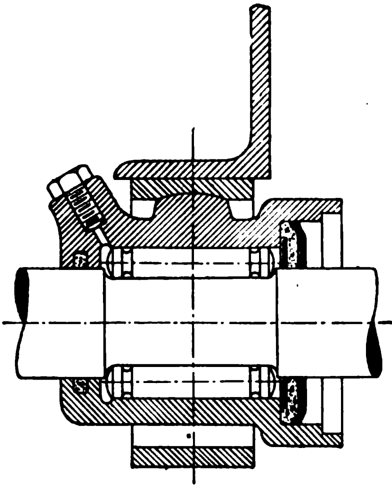


Fig. 177.

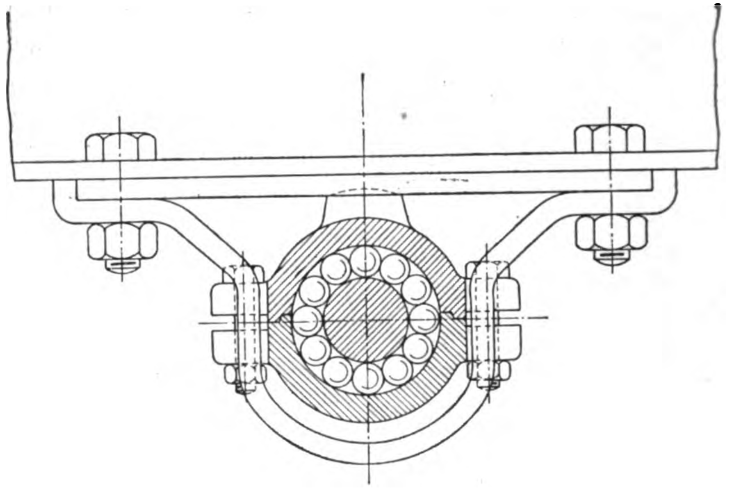
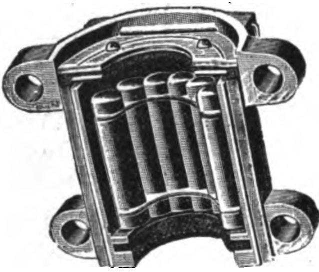


Fig. 178.



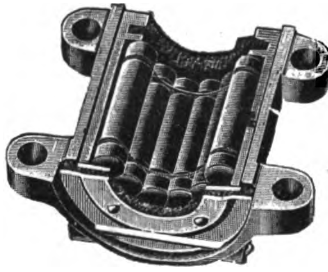


Fig. 180.

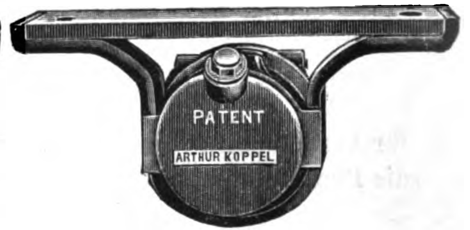


Fig. 181.

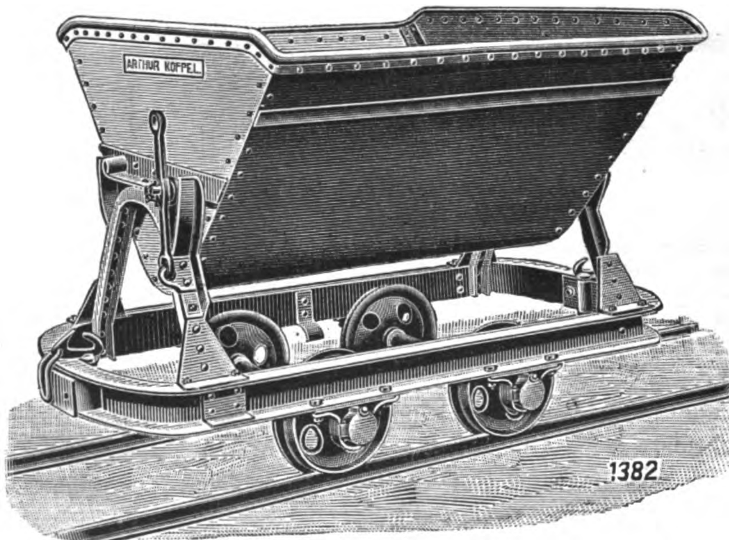


Fig. 179.

Eisenbahn-Fahrzeuge von Arthur Koppel, Berlin, dar. Dieselben zeigen im Ganzen dasselbe Bild wie das vorbeschriebene Lager.

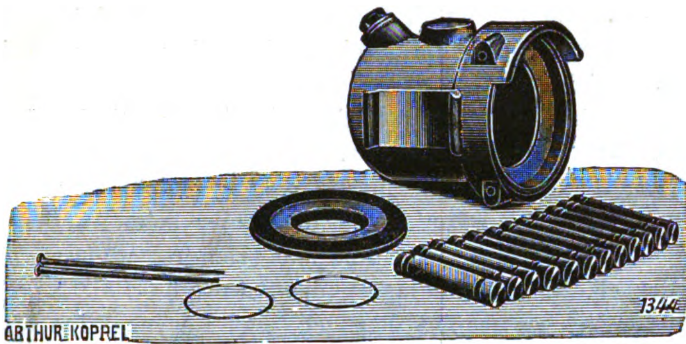


Fig. 182.

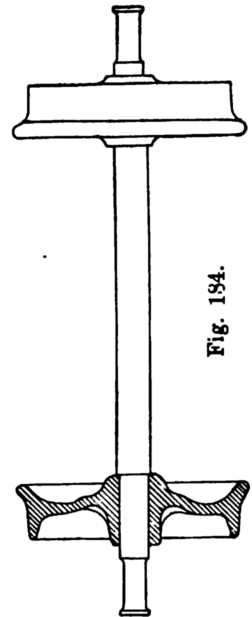


Fig. 184.

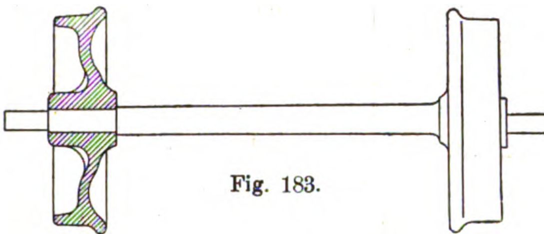


Fig. 183.

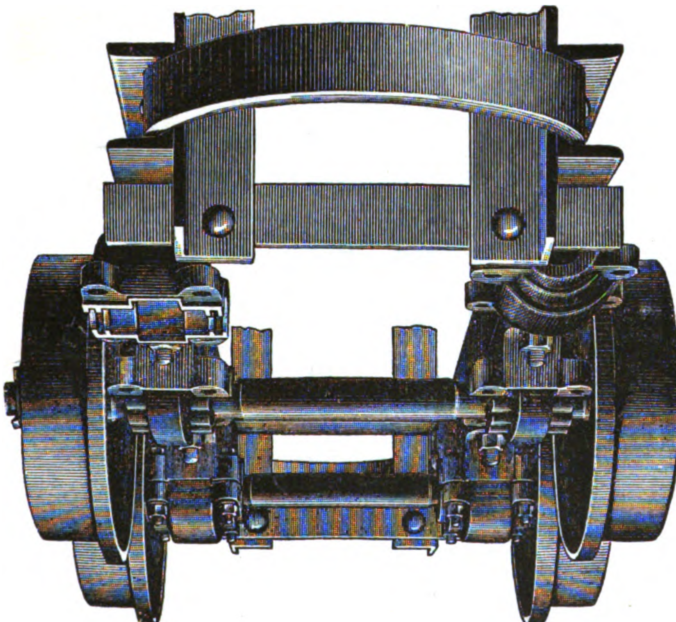


Fig. 186.

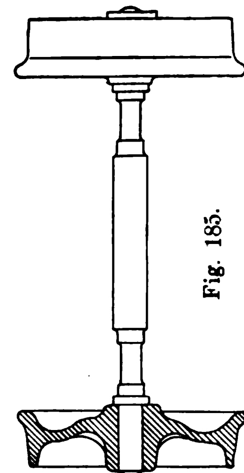


Fig. 185.

Fig. 179—182 zeigen die praktische Anwendung von Rollenlagern auf Fahrzeuge für Schmalspurbahnen, und Fig. 183—185 die zugehörigen Achsen derselben Firma. In diesem Falle bieten die einfachen in Ringen geführten Rollen den Kugellagern gegenüber den Vorteil des leichten, schnellen Montirens und Reinigens.

Wie aus Fig. 180 hervorgeht, sind die Lagerkörper mit ausgedrehten Ringnuten versehen zur Aufnahme staubabdichtender Filz- oder Lederringe.

Fig. 186 zeigt ein Patent-Rollenlager von P. Jorissen in Düsseldorf-Grafenberg für Feld-Bahnen. Die Rollen werden durch einen Mittelring geführt und gegen gegenseitige Berührung gesichert.

Es sei noch erwähnt, dass die Rollenlager, welche seit einiger Zeit bei den amerikanischen Eisenbahnen im Gebrauch waren, nach dem Bericht des deutschen Gesandschafts-Attachés, Bauinspektor Hoech, im Allgemeinen negative Erfolge aufzuweisen gehabt haben, und zwar sollen die Lager beim Anfahren leicht gelaufen sein, später sich aber stark abgenutzt und erhöhten Widerstand geboten haben. Auch sollen bei diesen Rollenlagern die Seitenstösse nicht genügend berücksichtigt worden sein. Es scheint demnach, dass der negative Erfolg nicht dem Prinzip der Rollenlagerung, sondern der Ausserachtlassung der wichtigsten Konstruktionsgrundsätze für diese Lager zugeschrieben werden muss.

Buchdruckerei Roitzsch vorm. Otto Noack & Co.

Im unterzeichneten Verlage erscheinen:

Schriften des Vereins deutscher Revisions-Ingenieure.

No. 1: **Die Reinigung des Kesselspeisewassers.** Für Dampfkesselbetriebe und andere industrielle Zwecke. Bearbeitet von E. Heidepriem. 47 S. in gr. Lex. 8° mit 32 in den Text gedruckten Abbildungen. 1899. geh. Preis M. 1,—

..... Vorliegendes Heftchen dürfte bei der Auswahl des für den einzelnen Fall geeigneten Verfahrens einen brauchbaren Ratgeber darstellen, umsomehr, als dasselbe nicht nur die Beschreibung der gebräuchlichsten Verfahren an sich bietet, sondern auch die zur Ausübung dieser Verfahren nötigen Apparate oder sonstigen Vorrichtungen bildlich darstellt, wodurch man in den Stand gesetzt wird, sich sofort einen Ueberblick über die Raumbedürfnisse derartiger Anlagen zu verschaffen.

Uhland's Wochenschrift für Industrie und Technik, No. 19 vom 11. Mai 1899.

No. 2: **Anleitung zur Untersuchung der Hebezeuge und Prüfung ihrer Tragorgane im Betriebe.** 16 S. in gr. Lex. 8°. 2. Auflage, 1900. geh. Preis M. —,25

..... Die günstige Aufgahme, welche diese Schrift in weiten Kreisen der Industrie gefunden hat, findet darin ihre Bestätigung, dass die erste Auflage von 6000 Expl. innerhalb Jahresfrist abgesetzt wurde.

No. 3: **Die Ergebnisse des Preisausschreibens der Norddeutschen Edel- und Unedelmetall-Industrie-Berufsgenossenschaft vom Februar 1898**, betreffend Schutz gegen Fingerverletzungen bei Arbeiten an Fallhämmern und Pressen aller Art. Bearbeitet von den Ingenieuren P. Hosemann und K. Specht. 29 S. in gr. Lex. 8° mit 23 Abbild. im Text. 1900. geh. Preis M. —,50

..... Jedenfalls gebührt dem rührigen Vereine, der eine so eminent wichtige Seite der Arbeiterfrage mit Geschick und Eifer zur Lösung vorbereitet, ebenso wie der zunächst beteiligten Berufsgenossenschaft und nicht minder der Verlagsbuchhandlung für die treffliche Ausstattung des Buches der Dank aller, denen die Fürsorge des Arbeiterschutzes vom amtlichen, beruflichen und rein menschlichen Standpunkte nahegeht, und wäre zu wünschen, dass dasselbe in jedem Betriebe, welcher mit den entsprechanden Maschinen zu arbeiten hat, als anregender Ratgeber anzutreffen wäre.

(Prof. S. E. in der Mährischen Gewerbe-Zeitung, No. 12 vom 6. Juni 1900.)

No. 4: **Die Unfallgefahren des Dampfkesselbetriebes und deren Verhütung.** Mit zahlreichen Abbildungen im Text. *Erscheint zu Anfang des Jahres 1901.*

Behufs weitester Verbreitung der obigen für die industriellen Betriebe höchst beachtenswerten Schriften*) hat die Verlagshandlung entsprechend den Wünschen des Vereins deutscher Revisions-Ingenieure bei Entnahme grösserer Partieen die nachstehend aufgeführten Vorzugspreise festgesetzt, zu welchen die Schriften **postfrei** bei Voreinsendung des Betrages zu beziehen sind.

No. 1:	1—10 Ex.	12—25 Ex.	30—50 Ex.	100 Ex.	250 Ex.	500 Ex.	
	à 1 M.	à 90 Pf.	à 85 Pf.	75 M.	180 M.	350 M.	
No. 2:	1—10 Ex.	10—100 Ex.	250—500 Ex.	1000 Ex.	2000 Ex.	3000 Ex.	
	à 25 Pf.	à 20 Pf.	à 15 Pf.	100 M.	175 M.	250 M.	
No. 3:	1—10 Ex.	12—25 Ex.	30—50 Ex.	100 Ex.	250 Ex.	500 Ex.	1000 Ex.
	à 50 Pf.	à 45 Pf.	à 40 Pf.	35 M.	85 M.	160 M.	300 M.

*) „Die „Schriften" verdienen im Interesse der Unfallverhütung Beachtung."

(Amtliche Nachrichten des Reichsversicherungsamtes, 1. Mai 1899.)

Polytechnische Buchhandlung A. Seydel
in Berlin W. 8, Mohrenstrasse 9.



